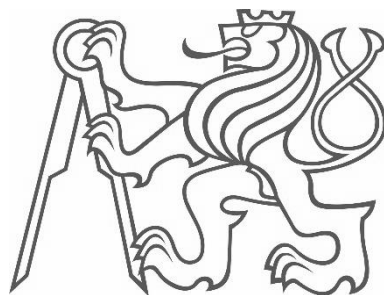


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra konstrukcí pozemních staveb



DIPLOMOVÁ PRÁCE

2018

Bc. Filip Zahradka

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra konstrukcí pozemních staveb



Montované objekty z prostorových jednotek

Prefabricated modular buildings

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Filip Zahrádka

Magisterský studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. František Kulháněk, CSc.

Praha, 2018



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Filip</u>	Jméno: <u>Zahrádka</u>	Osobní číslo: <u>396536</u>
Zadávací katedra: <u>Katedra konstrukcí pozemních staveb (k124)</u>		
Studijní program: <u>Budovy a prostředí (BP)</u>		
Studijní obor: <u>Budovy a prostředí (B)</u>		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Montované objekty z prostorových jednotek</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Prefabricated modular buildings</u>	
Pokyny pro vypracování: Návrh primárně nosné konstrukce a navazující dispoziční řešení typových prostorových modulů Návrh obalových konstrukcí - koncepce skladby a řešení detailů Variantní dispoziční architektonické řešení skladby prostorových jednotek Koncepce systémů TZB	
Seznam doporučené literatury: Kouit J. a kol: I love Koma Module, CTU Prague 2012, Lawson M., Ogden R., Goodier Ch.: Design Modular Construction, CRC Press 2014, Knaack U., Chung - Klatte S., Hasselbach R.: Prefabricated Systems, Birkhauser Basel, 2012	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>doc. Ing. František Kulhánek, CSc.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>11.10.2017</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>7.1.2018</u> <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ly)



Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího diplomové práce doc. Ing. Františka Kulhánka, CSc.

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze, dne 7. 1. 2018

.....
Bc. Filip Zahrádka



Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce doc. Ing. Františku Kulhánkovi, CSc. za cenné rady a pomoc poskytnutou při zpracování diplomové práce.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá návrhem modulárního systému pro výstavbu montovaných objektů z prostorových jednotek. Ve stručném obecném úvodu do problematiky modulární výstavby jsou nejprve představeny základní principy a možná konstrukční řešení prostorové prefabrikace. Poté je představen koncept vlastního návrhu modulárního konstrukčního systému. Jednotlivé fáze návrhu jsou detailně rozebrány a doplněny o grafickou prezentaci zvoleného řešení, jehož volba je zdůvodněna. První část práce je věnována konstrukčnímu návrhu jednotlivých modulů. V druhé části práce je konstrukční řešení aplikováno při návrhu kompletního nízkopodlažního nízkoenergetického objektu. Třetí část práce tvoří doplnění architektonicko-stavební části o koncepci systémů technického zařízení budov a vyhodnocení provozní fáze životního cyklu budovy z pohledu energetické náročnosti a dopadu na životní prostředí.

Cílem práce je představení vlastního optimalizovaného systému pro návrh pasivních a nízkoenergetických budov se zdravým vnitřním prostředím, ekonomickým provozem a nízkým environmentálním dopadem při zachování výhod modulární architektury.

Dílčími fázemi konstrukčního návrhu montovaných objektů z prostorových jednotek je návrh primární a sekundární nosné konstrukce, návrh vnějších obalových konstrukcí včetně řešení osazení výplní otvorů, návrh vnitřních dělicích konstrukcí a koncepce výrobního procesu. Představen je také koncept architektonického návrhu objektů a tvorby projektové dokumentace prostřednictvím BIM modelování. Návrh typového objektu se zabývá architektonickým návrhem vnějšího vzhledu, vnitřních dispozic a koncepcí systémů technického zařízení budov pro dosažení maximálního komfortu užívání při minimalizaci negativního vlivu na vnější prostředí. Součástí návrhu je analýza energetické náročnosti objektu.

Pro návrh byla zvolena lehká hybridní ocelo-dřevěná nosná konstrukce otevřených modulů, které lze vzájemně propojovat a vytvářet tak variabilní skladbu výsledné budovy. Prostorový rám je navržen ve více tvarových variantách umožňujících prostorovou prefabrikaci i podkrovních částí objektu. Komplexním přístupem návrhu bylo dosaženo celkově optimalizovaného konstrukčního a technologického řešení. Prefabrikace budovy spočívá ve výrobě plně vybavených modulů ve výrobní hale mimo staveniště, které jsou následně dopraveny na staveniště, kde jsou propojeny ve výsledný objekt. Vnější opláštění budovy je prováděno dodatečně na staveništi. Vhodně zvolenými konstrukčními prvky a jejich vzájemnou interakcí bylo dosaženo tepelně technických parametrů obálky budovy na úrovni pasivního domu. Navržený systém byl aplikován pro návrh typového objektu rodinného domu, jehož prostřednictvím došlo k ověření použitelnosti systémového řešení pro návrh nízkopodlažních objektů malého rozsahu. Konstrukční návrh byl doplněn o koncepci systémů vytápění, větrání, přípravy teplé vody a využití obnovitelných zdrojů energie, což umožnilo vyhodnocení energetické náročnosti objektu. Navržený rodinný dům je v hlavních sledovaných ukazatelích klasifikován energetickou třídou A značící mimořádně úspornou budovu.

Koncepční řešení vlastního návrhu modulárního systému určeného pro zvýšení udržitelnosti výstavby má potenciální možnost uplatnění v praxi za předpokladu provedení detailní statické analýzy nosné konstrukce a ekonomického rozboru včetně rizikové analýzy celého projektu.

Abstract

The diploma thesis deals with design of a modular system for construction of prefabricated buildings from volumetric units. In a brief general introduction to the problems of modular construction, basic principles and possible structural solutions of the prefabrication are presented. Afterwards, concept of the custom design of modular construction system is introduced. The individual phases of the design are analysed in detail and accompanied by graphical presentation of the chosen solution, the choice of which is justified. The first part of the thesis is devoted to the design of individual modules. In the second part of the thesis, the design solution is applied when designing a complete low-floor low-energy building. The third part of the thesis is a completion of the architectural and construction part by concept of systems of building equipment and evaluation of the life cycle assessment of the building, which has been done in terms of energy consumption and impact on the environment.

The aim of the thesis is to introduce an optimized system for the design of passive and low-energy buildings with a healthy indoor environment, economic operation and low environmental impact while preserving the advantages of modular architecture.

The partial phases of the design of the prefabricated buildings from the volumetric units are design of the primary and secondary supporting structure, design of the outer packaging structures including solution of the openings, design of the internal dividing structures and concept of the manufacturing process. Concept of architectural design of buildings and creation of project documentation by means of BIM modelling is also presented. The design of the building deals with architectural design of the external appearance, interior layout and concept of the technical building equipment in order to achieve the maximum comfort of use while minimizing negative impact on the external environment. Analysis of the energy consumption of the building constitutes part of the design.

A lightweight hybrid steel-wood load-bearing structure of open modules was chosen for the design. It may be interconnected to create a variable composition of the building. The space frame is designed in several shape variants allowing volumetric prefabrication of loft-rooms. Overall optimized design and technological solution was achieved by the comprehensive approach of the design. The prefabrication of the building consists in manufacture of fully equipped modules in the manufacture hall off-site, which are then transported to the site where they are interconnected into the final building. The outer cladding of the building is done additionally on the building site. Appropriately chosen structural elements and their interaction have achieved the thermal-technical parameters of the building envelope at the level of a passive house. The system design was applied to the design of a family house to verify the usability of the system design solution for small-scale low-floor buildings. The design was complemented by the concept of heating, ventilation, hot water preparation and use of renewable energy resources, which enabled to evaluate the energy consumption of the building. The designed family house is in the main monitored indicators classified as energy class A, which indicates an extraordinarily energy-effective building.

The conceptual solution of the custom modular system design intended for increasing sustainability of the construction has the potential to be put into practice, provided that a detailed static analysis of the load-bearing structure and economic analysis including risk analysis of the whole project will be carried out.



Klíčová slova

Modulární systém

Modul

Montované objekty

Prostorové jednotky

Prefabrikace

Ocelo–dřevěná konstrukce

Rámová konstrukce

Nízkoenergetický

Pasivní

Energetická náročnost

Udržitelná výstavba

3D modelování

BIM

Key words

Modular system

Modul

Prefabricated buildings

Volumetric units

Prefabrication

Steel–wood structure

Frame structure

Low energy

Passive

Energy consumption

Sustainable construction

3D modeling

BIM



OBSAH

ÚVOD.....	12
1 ZÁKLADY MODULÁRNÍ VÝSTAVBY	14
1.1 DEFINICE POJMŮ	14
1.2 PŘÍKLADY APLIKACE.....	15
1.3 VÝHODY PROSTOROVÉ PREFABRIKACE	15
1.4 KONSTRUKČNÍ TYPY PROSTOROVÝCH MODULŮ	15
1.4.1 OCELOVÉ MODULY	15
1.4.2 DŘEVĚNÉ MODULY	16
1.4.3 BETONOVÉ MODULY	16
1.4.4 MODULY Z PŘEPRAVNÍCH KONTEJNERŮ	16
2 KONCEPT VLASTNÍHO NÁVRHU MONTOVANÝCH OBJEKTŮ	18
2.1 ARCHITEKTONICKÉ ŘEŠENÍ.....	19
2.1.1 SKLADBA OBJEKTŮ Z MODULŮ	19
2.1.2 VNĚJŠÍ VZHLED OBJEKTŮ	20
2.1.3 VNITŘNÍ DISPOZICE	20
2.2 MATERIÁLOVÉ A KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	20
2.3 STATICKÉ PŮSOBENÍ.....	21
2.4 TEPELNĚ TECHNICKÉ ŘEŠENÍ.....	22
2.5 ENVIRONMENTÁLNÍ DOPAD KONSTRUKCE	22
3 NÁVRH PRIMÁRNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE MODULŮ	24
3.1 POŽADAVKY	24
3.2 NOSNÍKY A SLOUPY	24
3.3 VARIANTY PRIMÁRNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE	25
3.4 SPOJOVÁNÍ MODULŮ	27
4 NÁVRH SEKUNDÁRNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE	30
4.1 POŽADAVKY	30
4.2 PODLAHA.....	31
4.2.1 NOSNÉ JÁDRO PODLAHY	31
4.2.2 SOUVRSTVÍ PLOVOUCÍ PODLAHY	32
4.2.3 SKLADBA PODLAHY MODULU.....	32
4.3 STROP	33
4.4 STŘECHA.....	34
4.5 STĚNA VNĚJŠÍ.....	35



4.6 SCHODIŠTĚ	36
5 NÁVRH VNĚJŠÍCH OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ.....	38
5.1 POŽADAVKY	38
5.2 VNĚJŠÍ STĚNA	39
5.3 STŘECHA	41
5.4 PODLAHA NAD TERÉNEM.....	43
5.5 VÝPLNĚ OTVORŮ	47
5.5.1 OKNA	47
5.5.2 STŘEŠNÍ OKNA	50
5.5.3 DVEŘE	50
6 NÁVRH VNITŘNÍCH DĚLÍCÍCH KONSTRUKCÍ	52
6.1 PŘÍČKY	52
6.2 VNITŘNÍ STROPNÍ KONSTRUKCE	53
7 KONCEPT VÝROBNÍHO PROCESU MODULÁRNÍHO OBJEKTU	54
8 KONCEPT ARCHITEKTONICKÉHO NÁVRHU	60
9 NÁVRH TYPOVÉHO MODULÁRNÍHO OBJEKTU	62
9.1 ARCHITEKTONICKÝ NÁVRH.....	62
9.1.1 VNĚJŠÍ VZHLED	62
9.1.2 DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ	64
9.2 KONCEPCE SYSTÉMŮ TZB.....	66
9.2.1 ROZVODY TZB	66
9.2.2 VYTÁPĚNÍ.....	66
9.2.3 VĚTRÁNÍ	67
9.2.4 PŘÍPRAVA TV	67
9.2.5 HOSPODAŘENÍ S VODOU.....	68
9.2.6 VYUŽITÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE.....	68
9.3 ENERGETICKÁ NÁROČNOST OBJEKTU	68
ZÁVĚR.....	74
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	76
SEZNAM TABULEK.....	78
SEZNAM OBRÁZKŮ	80
SEZNAM PŘÍLOH	82
PŘÍLOHA 1 – Výpočet zatížení.....	84
PŘÍLOHA 2 – Statické posouzení prvků primární nosné konstrukce	96
PŘÍLOHA 3 – Statické posouzení prvků sekundární nosné konstrukce.....	106



PŘÍLOHA 4 – Výpočet součinitele prostupu tepla plošných konstrukcí	116
PŘÍLOHA 5 – Vzorový protokol programu Teplo	122
PŘÍLOHA 6 – Vzorový protokol programu Area	126
PŘÍLOHA 7 – Výpočet potřeby tepla na vytápění rodinného domu.....	130
PŘÍLOHA 8 – Výpočet potřeby primární energie rodinného domu	144
PŘÍLOHA 9 – Varianty modulů pro architektonický návrh objektu.....	156
PŘÍLOHA 10 – Výkresová dokumentace rodinného domu	164

ÚVOD

Náplní diplomové práce je návrh modulárního systému pro výstavbu montovaných objektů z prostorových jednotek. Základní část práce tvoří komplexní stavebně technické řešení vlastního konstrukčního systému využívajícího vysoký stupeň prefabrikace. Hlavními úkoly byly koncepční návrh dílčích stavebních konstrukcí, architektonicko-stavební řešení modulů a jejich propojení ve funkční celek. Práce se zabývá návrhem nosné konstrukce se základním statickým posouzením vybraných stavebních prvků, dispozičním řešením typových prostorových modulů, návrhem obalových a dělicích konstrukcí včetně řešení detailů a skladbou prostorových jednotek ve výsledný objekt. Součástí práce je detailní vyhodnocení energetické náročnosti navržené budovy.

Modulární výstavba je společně s environmentálními aspekty a základy udržitelnosti velmi aktuálním tématem stavebnictví. Současné konstrukční systémy využívající výhody prostorové prefabrikace ale mnohdy nezohledňují požadavky na kvalitu vnitřního a vnějšího prostředí. Proto je snahou práce představit vlastní optimalizovaný koncept výstavby objektů odpovídající normovým požadavkům i současným trendům. Modulární výstavba skýtá mnoho výhod, ale i přesto je v České republice na rozdíl od jiných zemí stále spíše okrajovou záležitostí. S tím souvisí i omezená dostupnost literárních pramenů. Zdrojem teoretických poznatků týkajících se modulárních objektů proto byla především zahraniční odborná literatura.

Základní myšlenkou modulární výstavby je využití vysokého stupně prefabrikace. Výroba modulů probíhá mimo staveniště ve výrobní hale za stálých příznivých klimatických podmínek. To umožňuje dosažení vyššího standardu kvality a zvýšení efektivnosti výroby. Rovněž se výrazně zkracuje celkový čas realizace zakázky měřený od definování investičního záměru po dokončení realizace stavby. Čas i náklady jsou šetřeny při projekčních i výrobních pracích. Moduly mají standardizované vnější rozměry vycházející z dopravních možností. Na staveniště jsou poté přepraveny pomocí nákladní automobilové dopravy a pomocí zdvihací techniky osazeny do finální pozice, kde jsou propojeny se sousedními moduly. Existuje několik možných materiálových a konstrukčních variant modulárních systémů.

Navržený systém je koncipován tak, aby umožňoval volnou kombinaci jednotlivých typových modulů dle požadavku investora na vnitřní dispozici a architektonický výraz objektu. Volnost a variabilita skladby je dána tuhou ocelovou rámovou konstrukcí tvořící primární nosnou konstrukci doplněnou o sekundárně nosné dřevěné prvky. Návrh využívá běžně dostupné a užívané stavební materiály a profily. Snahou je konstrukci maximálně zjednodušit s ohledem na snadnou montáž i případnou demontáž. Návrh zohledňuje celý životní cyklus objektu, jeho vliv na životní prostředí i finanční náročnost výstavby a následného provozu. Obálka budovy je navržena tak, aby splňovala požadavky na pasivní budovy. Pro omezení tepelných mostů a zachování běžných přepravních rozměrů je opláštění budovy provedeno až na staveništi, a to včetně osazení výplní otvorů. Založení objektu je provedeno nad terénem.

Pro návrh modulárních objektů a prezentaci zvoleného řešení byl zvolen 3D grafický software Archicad, ve kterém byly namodelovány jednotlivé moduly lišící se geometrií, vnějším opláštěním a přítomností schodiště tak, aby mohli být mezi sebou snadno

kombinovatelné ve výsledný objekt. Jednotlivé moduly však neobsahují vnitřní dělicí konstrukce, které jsou rozmístěny, stejně jako výplňové konstrukce a vnitřní zařízení, až v rámci konkrétního objektu. Tím je umožněno individuální dispoziční řešení odpovídající konkrétním požadavkům investora. Celý proces návrhu je tak zjednodušen a potenciálně umožňuje navrhovat architektonické studie objektů jako stavebnici i široké veřejnosti pouze se základní znalostí okrajových podmínek návrhu.

Cílem vlastního koncepčního návrhu s využitím lehké prostorové prefabrikace je vytvoření uceleného konstrukčního modulárního systému sloužícího primárně pro výstavbu nízkoenergetických objektů menšího rozsahu určených pro bydlení. Snahou práce je také přiblížit problematiku modulární výstavby a poukázat na její výhody oproti konvenčnímu způsobu výstavby.

1 ZÁKLADY MODULÁRNÍ VÝSTAVBY

Výstavba montovaných objektů z prostorových jednotek neboli modulární výstavba je progresivní odvětví stavebnictví vyžadující specifický přístup k návrhu. Specifika návrhu jsou dána především možnostmi transportu modulů vycházející z technické proveditelnosti, legislativních předpisů a ekonomických aspektů. Hlavním omezením návrhu jsou tedy vnější dimenze prostorové jednotky. Modulární systém musí být navržen na všechny stádia svého životního cyklu. Těmito stádii se rozumí proces prefabrikované výroby, manipulace, transport, osazení na staveništi, funkční propojení modulů v jeden celek a proces užívání. U trvalých objektů je rovněž vhodné myslet na případnou rekonstrukci, demontáž, opětovné použití a recyklaci konstrukce, již při jejich návrhu. U dočasných staveb je to nezbytností.

1.1 DEFINICE POJMŮ

V úvodu do problematiky modulární výstavby je vhodné nejprve definovat několik základních pojmů.

Modulární – Obecný výraz modulární je převzatý z anglického slova *modular* a značí konstrukci skládající se z dílčích jednotek (modulů), které dohromady tvoří jeden celek.

Modulární výstavba – Pojem modulární výstavba je již konkrétnější a odkazuje přímo na obor stavebnictví. Jedná se o způsob výstavby objektů z prefabrikovaných prostorových modulů, které jsou následně propojeny v jeden funkční celek (objekt).

Modul – Jedná se o prostorovou jednotku s unifikovanými rozměry umožňující transport a vzájemné funkční propojení více jednotek. Pomocí kombinace typových modulů lze docílit variability navržených objektů splňující architektonické i technické požadavky.

Prefabrikace – Prefabrikace značí výrobní proces lokalizovaný mimo staveniště (*ex situ*). Míru prefabrikace lze charakterizovat následujícími technologickými stupni.

- Materiály – výroba *in situ* (monolitický beton, zdivo)
- Prvky – výroba dílčích prvků tvořících stavební konstrukce (betonové panely)
- 1D – výroba lineárních prvků montované konstrukce (nosník)
- 2D – výroba plošných prvků montované konstrukce (stěnový panel)
- 3D – výroba prostorových konstrukcí (prostorový rám)
- Modulární systém – výroba modulů propojených na staveništi
- Kompletní objekt – kompletně dokončený objekt osazený na staveništi

In situ – Latinský výraz *in situ* označuje výrobní proces probíhající na místě staveniště.

Modulární systém – Jedná se o ucelený konstrukční systém, jehož moduly mohou vykazovat různou úroveň dokončenosti, od modulů bez povrchových úprav či vnějšího opláštění, po moduly kompletně dokončené včetně vnitřního vybavení. Systém mohou tvořit moduly uzavřené čtyřmi stěnami nebo moduly otevřené, které umožňují větší variabilitu vnitřního prostoru.

1.2 PŘÍKLADY APLIKACE

Modulární výstavba se během 21. století uplatnila v mnohých odvětvích stavebnictví. Historicky prvními aplikacemi modulárních konstrukcí v minulém století byly dočasné nebo přemístitelné budovy. Dnes se však prefabrikované prostorové jednotky uplatňují celosvětově v širokém spektru typů objektů, jako jsou školy, nemocnice, kanceláře, obchody, restaurace, a dokonce i výškové rezidenční budovy. Základem modulární výstavby je výroba podstatné části budovy již plně dokončené ve výrobním provozu. To je výhodou všude tam, kde je vyvíjen tlak na rychlost výstavby. Příklady aplikace ve světě jsou například studentské ubytovny, bytové domy a hotely do výšky 12 podlaží, vojenské ubytovny, nemocnice, školy, koupelny, veřejné toalety, věznice, balkonové konstrukce a výtahy či rozšíření stávající budovy osazením na střechnu. [1]

1.3 VÝHODY PROSTOROVÉ PREFABRIKACE

Přesun výroby mimo staveniště byl způsoben ekonomickými a konstrukčními faktory a celkovou potřebou zvýšení udržitelnosti výstavby. Modulární výstavba koncentruje většinu výrobního procesu mimo staveniště do výrobní haly a umožňuje tak docílení vyššího standardu kvality při snazší technické kontrole. Zároveň je zvýšena efektivita práce a eliminován vliv nepříznivého počasí. Dalšími výhodami jsou zkrácení času výstavby a ceny projekčních prací, nízká hmotnost konstrukce snižující nároky na základové konstrukce, nižší spotřeba materiálu a lepší nakládání s odpadem během výroby. V neposlední řadě je výhodou výrazně nižší negativní zatížení okolí staveniště, možnost demontáže objektu a opětovné použití modulů. [1]

1.4 KONSTRUKČNÍ TYPY PROSTOROVÝCH MODULŮ

Konstrukční typy prostorových modulů se dělí na lehkou a těžkou prostorovou prefabrikaci. Pod pojmem lehká prostorová prefabrikace se skrývají jednotky, jejichž hlavním stavebním materiálem je dřevo nebo ocel. Zástupcem těžké prostorové prefabrikace jsou jednotky železobetonové. Hlavním charakteristickým rysem daného konstrukčního typu je tedy materiál primárně nosné konstrukce. Další dělení se odvíjí od uspořádání dílčích konstrukcí a způsobu jejich statického působení.

1.4.1 OCELOVÉ MODULY

Moduly pro jejichž výrobu jsou použity ocelové prvky se obvykle skládají ze stěnových, podlahových a stropních panelů, jejichž nosné jádro tvoří tenkostěnné ocelové profily tvaru C. Jednotlivé panely jsou následně vsazeny a připevněny do ocelové rámové konstrukce z válcovaných profilů a oplášťeny deskovými materiály z vnitřní a většinou i z vnější strany. Poté jsou moduly transportovány na staveniště. Ocelové prostorové jednotky jsou nejrozšířenějším typem modulů s širokým uplatněním.

Základní formy lehkých ocelových konstrukcí se dělí podle způsobu přenosu zatížení a prostorového působení. Existují moduly, jejichž podélné nosníky rámové konstrukce jsou

průběžně podporovány stěnovými panely, do kterých je přenášena svislá složka zatížení, jinak také označovány jako uzavřené. Přímý přenos zatížení do stěn závisí na vzpěrné únosnosti stěnových profilů a jejich normálové tuhosti. Další formou jsou otevřené moduly podporované rohovými sloupy. V tomto případě je přenos svislého zatížení do rohových sloupů zajištěn prostřednictvím podélných nosníků. O únosnosti a použitelnosti konstrukce pak rozhoduje především ohybová tuhost nosníků. Výhodou otevřených modulů je vyšší variabilita vnitřního uspořádání budovy a možnost vytvoření větších místností spojováním více modulů v jeden celek. Rozpon nosníků je obvykle 6-12 m. Poslední formou konstrukce jsou pouze samonosné moduly, které jsou umístěny například na betonovou podlahu nebo jinou podpůrnou konstrukci. [1]

1.4.2 DŘEVĚNÉ MODULY

Dřevěné rámové konstrukce modulů se používají pro budovy do 2 nadzemních podlaží jako jsou obytné domy, školy, kanceláře nebo zázemí sportovních areálů. Statické působení je obdobné jako u průběžně podporovaných ocelových modulů, kdy je svislé zatížení přenášeno do dřevěných sloupků stěn. Nosnými prvky v podlaze a stropu jsou dřevěné trámy. Záklop podlahy a vnější opláštění stěn tvoří OSB desky. Vnitřní opláštění stěn a stropu je provedeno ze sádkokartonových desek. Mezi sloupky a trámy je vložena tepelná izolace. Vnější líc stěny bývá dodatečně zateplen. Výhodou dřevěných modulů jsou příznivé tepelné technické parametry celé konstrukce bez výrazných tepelných mostů a nízký environmentální dopad. Nevýhodou jsou omezené dispoziční možnosti a velikosti otvorů. [1]

1.4.3 BETONOVÉ MODULY

Prefabrikace železobetonových konstrukčních prvků jako jsou desky, stěny, sloupy a trámy je v dnešní době široce užívanou technologií. Tyto prvky mohou být rovněž kombinovány do formy prostorových jednotek. Výhodou betonových modulů je vysoká požární odolnost, akustická neprůzvučnost a vysoká tepelná kapacita. Všechny výhody souvisejí s vysokou hmotností konstrukce, která je ale zároveň nevýhodou z hlediska transportu a manipulace. Hmotnost jednotek může být až 40 t, častěji se ale hmotnost pohybuje kolem 20 t u běžných modulů nebo 4 t u samonosných koupelňových modulů. Příkladem aplikace ve světě jsou hotely, věznice, školy, sklepy, ztuzující jádra budov nebo moduly obsahující sociální zařízení. [1]

1.4.4 MODULY Z PŘEPRAVNÍCH KONTEJNERŮ

Přepavní kontejnery jsou primárně navrženy pro transport zboží prostřednictvím lodní a pozemní dopravy. Jejich konstrukci tvoří ocelová rámová konstrukce složená z ocelových válcovaných nosníků, dutých rohových ocelových profilů a trapézových plechů přivařených k rámové konstrukci. Dutými rohovými profily je řešeno odvodnění střechy. Vnější rozměry kontejnerů včetně manipulačních otvorů jsou celosvětově standardizovány. Velikosti kontejnerů jsou označovány přibližnými rozměry ve stopách, nejběžnějšími velikostmi jsou 20', 40', 20' HC a 40' HC. Šířka činí vždy 2,42 m, výška

dosahuje 2,59 m u klasického kontejneru a 2,89 m u velkoobjemového kontejneru s označením HC. Délka je 6,06 m pro velikost 20' a 12,19 m pro velikost 40'. Rozměry a typ konstrukce kontejnerů umožňují jejich uplatnění také ve stavebnictví, a to jak pro dočasné, tak i pro trvalé stavby. Tomuto způsobu recyklace již použitých kontejnerů nahrává nepoměr mezi množstvím kontejnerů, které do vyspělých zemí přichází z dálného východu, a množstvím kontejnerů exportovaných zpět. Kontejnery jsou běžně užívány jako sklady, garáže, ubytovny, kanceláře, obchody nebo zázemí sportovišť. Výhodou je snadná dostupnost a cena kontejnerů. Kvalita vnitřního prostředí však u většiny realizací neodpovídá současným požadavkům pro trvalé bydlení. [1]

2 KONCEPT VLASTNÍHO NÁVRHU MONTOVANÝCH OBJEKTŮ

Koncept spočívá v návrhu vlastního uceleného modulárního systému využívajícího lehkou prostorovou prefabrikaci a její výhody. Základ systému tvoří prefabrikované prostorové jednotky s ocelovou rámovou primárně nosnou konstrukcí doplněnou běžnými stavebními materiály a profily tak, aby konstrukce jako celek splňovala veškeré požadavky na trvalé stavby a kvalitu vnitřního prostředí. Jedná se tedy o otevřené moduly s prostorově tuhou svařovanou ocelovou konstrukcí podepřenou rohovými profily, která umožňuje volnost architektonickému návrhu vnitřních dispozic i vnějšího vzhledu budovy.

Skladební rozměry jednotek jsou 7,5 x 2,5 m a výška 3,0 m. Jednotky lze proto do finálního půdorysu budovy umisťovat jak podélně, tak i příčně. Půdorysný tvar je vždy obdélníkový, prostorově však byly navrženy jak jednotky standardního kvádrového tvaru, tak i podkrovní jednotky se sklonem horních podélných nebo příčných nosníků (viz další podkapitoly). Lze proto navrhnout mnoho kombinací skladby jednotek ve výsledný objekt neuniformního tvaru a individualizovat tak každý návrh dle legislativních předpisů a požadavků investora.

Vnější výrobní rozměry jednotek vychází především z dopravních možností a odpovídají maximálním rozměrům běžného nákladu pro silniční přepravu. Z toho plyne i možnost využití běžných nákladních vozidel s celkovou maximální šířkou 2,55 m a výškou 4,0 m. S délkou jednotek 7,49 m přitom není potřeba využít tahač s návěsem a ekonomickým řešením je přeprava pomocí tandemové soupravy nákladního vozidla a přívěsu pro přepravu dvou jednotek.

Výroba jednotek probíhá ve výrobní hale mimo staveniště za stálých klimatických podmínek. Jednotky mohou být ve výrobně kompletně zařízeny včetně finálních povrchů, rozvodů a systémů technického zařízení budov či vestavěného nábytku ukotveného do stavebních konstrukcí. Tento vysoký stupeň prefabrikace maximálně snižuje staveništní pracnost, urychluje proces výstavby, dovoluje dosažení vyššího standardu kvality výroby a je výhodný i z ekonomického hlediska.

Jednotky dopravované na staveniště standardně neobsahují vnější opláštění stěn ani konstrukci šikmé střechy včetně výplní otvorů. Prvky vnějšího opláštění jsou však rovněž prefabrikované a dopravovány na staveniště jsou pouze v potřebném množství. Každý prvek má své předepsané místo a pořadí montáže definované v montážním návodě. Tím je snížena staveništní pracnost i možné chyby a nepřesnosti při provádění in situ. Za tímto přístupem stojí přepravní důvody. Celkové výrobní rozměry jsou navrženy tak, aby nebylo překročeno kritérium pro běžný náklad. Vnější opláštění stěn již ve výrobně a přeprava na staveniště je však také možná. Celková šířka nákladu v tomto případě nepřekračuje limitní hodnotu 3,2 m, pro kterou není běžně uvedena povinnost technického doprovodného vozidla. Dopravu nadrozměrného nákladu musí zajišťovat společnost s příslušným trvalým povolením, nebo musí být o povolení přepravy nadrozměrného nákladu žádáno u silničního správního úřadu jednorázově.

Jednotky obsahují kotevní desky, které slouží pro kotvení dočasných manipulačních úchyťů a zároveň pro propojení jednotek mezi sebou. Manipulační oka se šroubují do

matek přivařených ke kotevním plechům. Osazení modulu do finální pozice je zajištěno autojeřábem. Vázacím prostředkem je vahadlo s lany a karabinami, které zajišťuje rovnoměrné rozložení napětí mezi 4 zdvihací body v horních rozích jednotek. Vahadlo eliminuje případnou deformaci rámu způsobenou nerovnoměrným rozložením zatížení a zvýší přesnost osazení modulu.

Objekty jsou založeny nad terénem s volně provětrávanou mezerou označovanou jako „crawl space“, jejíž výška se odvíjí od konkrétního pozemku. Aby byl zachován přístup pod objekt a byla umožněna případná revize konstrukce či napojení objektu na vnější síť, neměla by výška mezery klesnout pod 0,6 m. Přístup však není vždy nutné zachovat a mezera tak může být menší. Důležitějším faktorem je úprava terénu pod objektem, který by měl být v takovém spádu, aby nedocházelo k hromadění vody, která by při odpařování mohla degradovat spodní líc objektu. Rovněž je vhodné pro eliminaci odparu vody z podloží položit na terén pod objektem hydroizolační fólii chráněnou ze spodní strany geotextilií proti prorůstání kořenů a z vrchu fólii přitížit stabilizační vrstvou praného říčního kameniva.

Postup osazení modulů na staveništi a dokončovacích prací prováděných in situ je následující. Na předem připravené lokální základy ze zemních vrutů nebo betonových patek v rastru 2,5 x 2,5 m je osazena prefabrikovaná základová deska dřevěné rámové konstrukce. Na ni se přes styčnickové plechy osazují moduly prvního nadzemního podlaží. Moduly se mezi sebou spojují opět styčnickovými plechy tentokrát kotvenými do horních kotevních plechů, které jsou součástí ocelové rámové konstrukce. Po dokončení prvního podlaží jsou stejným způsobem osazeny moduly druhého nadzemního podlaží. Po kompletním osazení modulů je nejprve dokončena konstrukce střechy, tak aby byl objekt chráněn před nepřízní počasí. Poté následuje opláštění vnějších stěn a instalace vnějších výplní otvorů s předšazenou montáží pro redukci liniových tepelných vazeb. Poté jsou vyplněny spáry mezi moduly navržené pro eliminaci výrobních imperfekcí a nepřesností při osazení modulu těsnicím materiálem. Následuje lokální dokončení vnitřních povrchů z důvodu výskytu montážních otvorů pro spojování modulů. Posledním krokem je propojení vnějších a vnitřních instalací zabudovaných v jednotlivých modulech v předem určených místech.

2.1 ARCHITEKTONICKÉ ŘEŠENÍ

Hlavní myšlenkou architektonického návrhu bylo vytvoření variabilního uzavřeného systému s možností individualizace dle konkrétních požadavků investora. Konstrukce navržených modulů svými rozměry, tvarem, materiálovým a konstrukčním řešením umožňuje vznik funkční architektury s čistým moderním designem skandinávského typu. Okrajové podmínky návrhu vycházejí z dodržení modulové koordinace, která je stěžejním bodem modulární architektury, a obecných požadavků na výstavbu.

2.1.1 SKLADBA OBJEKTŮ Z MODULŮ

Základem architektonického návrhu je vymezení objemu a tvaru budovy kombinací různých variant prostorových jednotek, ze které vychází možnosti vnitřní dispozice a

velikosti vnějších výplní otvorů. Pro maximální zjednodušení návrhu bylo vymodelováno v programu Archicad přes 50 variant modulů lišících se svým tvarem a možností umístění v rámci výsledného objektu v důsledku kombinace a přítomnosti vnějších obalových konstrukcí. Počet variant by se dále ještě navýšil při započtení modulů po zrcadlení. Vymodelované prostorové jednotky již zahrnují stavební konstrukce vnějšího pláště budovy, a to z důvodu usnadnění architektonického návrhu a tvorby projektové dokumentace. Jejich součástí však nejsou výplně otvorů ani vnitřní dispoziční řešení, které je řešeno dodatečně v rámci každého objektu zvlášť tak, aby odpovídalo konkrétním požadavkům investora. Výjimku tvoří moduly obsahující schodiště.

2.1.2 VNĚJŠÍ VZHLED OBJEKTŮ

Současný návrh je speciálně koncipován pro výstavbu nízkopodlažních nízkooenergetických rodinných domů o jednom až dvou nadzemních podlažích. Tomu odpovídá i vnější vzhled objektů. Moderní čistou architekturu podtrhuje provětrávaná fasáda s dřevěným obkladem a falcovaná střešní plechová krytina typu „click“, na které se mohou nacházet fotovoltaické panely. Střecha má sklon 30° a založení objektu je typu „crawl space“. Rozmístění výplní otvorů vychází z osové vzdálenosti dřevěných sloupků vnějších stěn a střešních trámů. Byla navržena a vymodelována řada typových výplní otvorů lišících se svou velikostí a způsobem otevírání, které lze osadit do vnějších stěn v rastru sloupků. Součástí návrhu jsou i střešní okna. Všechny výplně otvorů mají dřevěný rám, který je u stěn ukryt za fasádním obkladem a není tedy v pohledu vidět. Okna jsou doplněna o viditelný box vnější screenové rolety v barvě střešní krytiny a vnějších parapetů, který lícuje s vnějším dřevěným obkladem. V prvním nadzemním podlaží je počítáno s velkou prosklenou plochou tvořenou HS portálem doplněnou francouzskými okny pro maximální kontakt s vnějším prostředím. Tyto výplně zasahují od podlahy až ke stropu a nejsou sníženy vlivem nadpraží.

2.1.3 VNITŘNÍ DISPOZICE

Rozmístění přiček a zařizovacích předmětů je řešeno až v rámci celého objektu. Vnitřní dispozice musí respektovat rozmístění rohových sloupů, které jsou součástí primárně nosné ocelové konstrukce. Dalším pravidlem je koncentrace technické místnosti, sociálního zařízení a kuchyňského koutu do jednoho modulu případně do více sousedních modulů. Tím je výrazně zjednodušeno propojení vnitřních rozvodů vody a kanalizace. Kromě toho má zkrácení rozvodů na minimum další výhody, například snížení tepelných ztrát distribucí teplé vody. Součástí vícepodlažních objektů jsou schodišťové moduly, které nesmí být při návrhu opomenuty. Na výběr je varianta jednoramenného nebo dvouramenného schodiště s mezipodestou.

2.2 MATERIÁLOVÉ A KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Jedná se o hybridní konstrukční systém složený z ocelových a dřevěných prvků jejichž vhodnou kombinací je využito fyzikálních a mechanických vlastností obou těchto materiálů. Primární nosnou konstrukci tvoří tuhý svařovaný ocelový rám z válcovaných

nosníků UPE podepřený v rozích rovnoramennými úhelníky, který je otevřený ze čtyř stran. Sekundární nosnou konstrukci tvoří dřevěné podlahové, stropní a střešní trámy z KVH hranolů uložené na spodní pásnici UPE profilů se záklopem z OSB desek. Nosným jádrem vnějších stěn jsou dřevěné sloupky opláštěné z vnitřní strany rovněž deskami OSB se vzduchotěsnicí a parobrzdnou funkcí. Jádro vnějších stěn je doplněno o vnitřní instalační předstěnu a vnější opláštění budovy. Vnitřními povrchovými materiály stěn a stropů jsou sádrovláknité desky. Distanci pro vedení instalací zajišťují dřevěné latě s vloženou tepelnou dřevovláknitou izolací u stěn a minerální izolací u stropů.

Vnější opláštění stěn je dvouplášťové s provětrávanou mezerou a fasádním obkladem z dřevěných prken nebo jiných deskových materiálů. Obklad je upevněn do dřevěných svislých latí. Latování je upevněno do samonosného roštu vnější stěny přes dřevovláknité desky s funkcí vnější difuzní vrstvy. Samonosný rošt tvoří dřevěné latě s přílozkami z desek OSB upevněných do sloupků stěn. Rošt je vyplněn tepelnou izolací z minerálních vláken nebo jiným tepelně izolačním materiálem ve formě desek nebo foukané izolace. Rámy výplňových konstrukcí s předsazenou montáží jsou dřevěné.

Nosnými prvky šikmé dvouplášťové střechy jsou dřevěné trámy, prostor mezi jednotlivými trámy je vyplněn tepelně izolačním materiálem shodným jako u stěn. Trámy jsou zaklopeny opět dřevovláknitými deskami s difuzní funkcí. Provětrávanou mezeru vymezují dřevěné latě zaklopené deskami OSB, do kterých je upevněna falcovaná plechová krytina typu „click” přes distanční pásy pro možnost případného odvodu kondenzátu na spodním líci plechové krytiny.

Základová deska se skládá z dřevěného roštu opláštěného na spodním líci cementotřískovými deskami a vyplněného tepelně izolačním materiálem. Základová deska nad terénem je uložena na lokálních základech, kterými mohou být zemní vruty či betonové patky.

Lehká montovaná plovoucí podlaha je složena z roznášecích sádrovláknitých desek položených na kročejové dřevovláknité izolaci. Čistá podlaha je navržena dřevěná v obytných místnostech a ve formě keramické dlažby ve vstupních, sociálních a technických prostorech. Vnitřní dělicí konstrukce využívají ocelové tenkostěnné sádrokartonové profily, mezi které je vkládána dřevovláknitá izolace shodná jako u předstěn. Opláštění příček je provedeno ze sádrovláknitých desek.

Konstrukce vnitřního schodiště je navržena s ocelovými krajními schodnicemi a dřevěnými stupnicemi a podstupnicemi.

2.3 STATICKÉ PŮSOBNÍ

Primárně nosná svařovaná ocelová konstrukce složená z válcovaných nosníků UPE a rohových rovnoramenných úhelníků zajišťuje prostorovou tuhost modulů. Do podélných nosníků je přenášeno svislé zatížení ze stropních trámů, do kterých je roznášeno zatížení podlahy prostřednictvím záklopu z OSB desek. Dřevěné prvky podlahy jsou tak sekundární nosnou konstrukcí. Dále nosníky přebírají zatížení od vnějších stěn. Svislé síly vyvolávají momentové a smykové namáhání nosníku, které je přenášeno do rohových profilů. Vzhledem ke svařovaným stykům nosník působí jako oboustranně vetknutý.

Dodatečné ztužení objektu proti vodorovnému zatížení zajišťují vnější stěny a tuhá stropní tabule.

2.4 TEPELNĚ TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Cílem návrhu bylo dosažení normových hodnot pro pasivní domy z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy i měrné potřeby tepla na vytápění. Proto byly všechny skladby konstrukcí navrženy v pasivním standardu. Snahou bylo rovněž omezit tepelné vazby mezi dílčími konstrukcemi a materiály, které mohou degradovat celý návrh. Tomu napomáhá mimo jiné předsazená montáž výplní otvorů a využití dřevěných prvků sekundární nosné konstrukce na místo tenkostěnných ocelových profilů tvaru C. Pro zvýšení tepelné stability budovy akumulací tepla a pro zlepšení vlhkostních poměrů je v interiéru využito dřevovláknité izolace v konstrukci příček a instalačních předstěn.

2.5 ENVIRONMENTÁLNÍ DOPAD KONSTRUKCE

Při návrhu konstrukce byl uvažován její dopad na životní prostředí. Vedle samotné energetické náročnosti od prvovýroby po zabudování materiálu, potažmo emisí znečišťujících látek, byla zohledněna možnost recyklace a znovupoužití. I proto je užito přírodních materiálů na bázi dřeva a dalších plně recyklovatelných materiálů. Použitá ocel je i přes počáteční vyšší výrobní energetickou náročnost plně recyklovatelným materiálem s dlouhou životností. Dominantní objem spojů konstrukce je montovaný, zpětně rozebíratelný a znovu použitelný. Nízké environmentální zatížení platí i pro pozemek, který díky založení nad terénem není do budoucna znehodnocen plošnými základovými konstrukcemi. Pro konstrukci je charakteristická celková relativně nízká hmotnost a s tím spojená nízká spotřeba přírodních zdrojů a uhlíková stopa.



3 NÁVRH PRIMÁRNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE MODULŮ

Primární nosnou konstrukci tvoří svařovaný prostorový ocelový rám. Dílčími prvky rámu jsou běžně dostupné ocelové za tepla válcované profily UPE, rovnoramenné úhelníky, ocelové plechy a matice se zaručenou svařitelností. Ocel jako materiál pro výrobu rámu byla vybrána pro své výborné pevnostní a tuhostní charakteristiky, které umožňují návrh subtilní, a přitom tuhé, prostorové konstrukce za pomoci svarových spojů. Pro základní statické posouzení na 1. a 2. mezní stav byla konstrukce rozdělena na jednotlivé pruty. Nejprve bylo vypočteno zatížení a stanoveno zatěžovací schéma. Následoval výpočet vnitřních sil a průhyb prutů. Napětí od vnitřních sil bylo porovnáno s výpočtovou únosností průřezů. Na závěr bylo provedeno vyhodnocení splnění normových požadavků na únosnost průřezu a průhyb prutu. Všechny výpočty byly provedeny ve vlastních souborech Excel vytvořených pro účel této práce. Statický výpočet zatížení je předmětem *přílohy 1* a je proveden postupem podle Eurokódu 1. Posouzení příčle rámu a sloupu v souladu s Eurokódem 3 se nachází v *příloze 2*.

3.1 POŽADAVKY

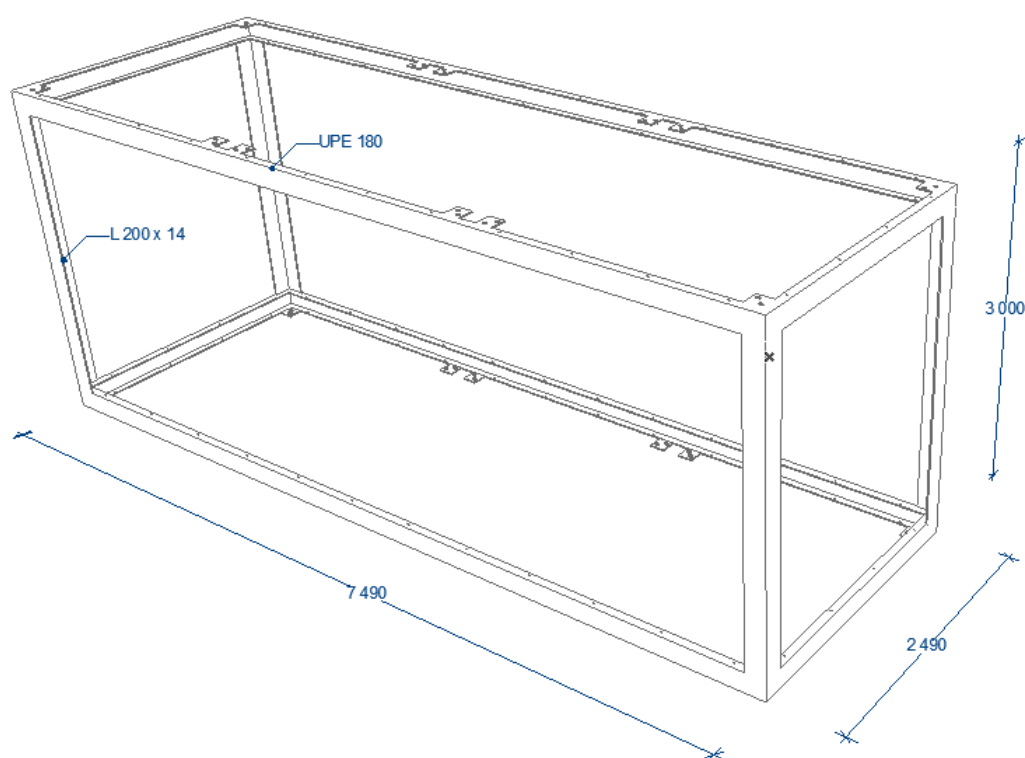
Základními požadavky jsou statické požadavky na únosnost všech průřezů, stabilitu a tuhost jednotlivých prutů a jejich přípojí, která určuje deformace prutů i celého prostorového rámu. Konstrukce musí být posouzena na všechny možné nepříznivé kombinace zatížení během všech fází životního cyklu, od výroby, přes dopravu a manipulaci, až po samotné zabudování v rámci objektu. To si žádá podrobnou analýzu pružnoplastického chování konstrukce vytvořením modelu ve specializované statickém programu. Modelována musí být rovněž skladba jednotek v rámci objektu. Detailní statická analýza ale přesahuje možnosti této práce. Dalším obecným požadavkem je životnost konstrukce a její mechanická odolnost, čemuž použití ocele jako konstrukčního materiálu dokonale vyhovuje. Nevýhodou ocele je její nízká požární odolnost. Zvýšení požární odolnosti a splnění normových požadavků pro nosné konstrukce je zajištěno expanzním protipožárním nátěrem nebo obkladem nehořlavými sádrovláknitými deskami. Rozhodujícím kritériem požární odolnosti je únosnost a stabilita konstrukce vyjádřená dobou v minutách, po kterou jsou stavební konstrukce schopny odolávat teplotám vznikajícím při požáru bez porušení své funkce.

3.2 NOSNÍKY A SLOUPY

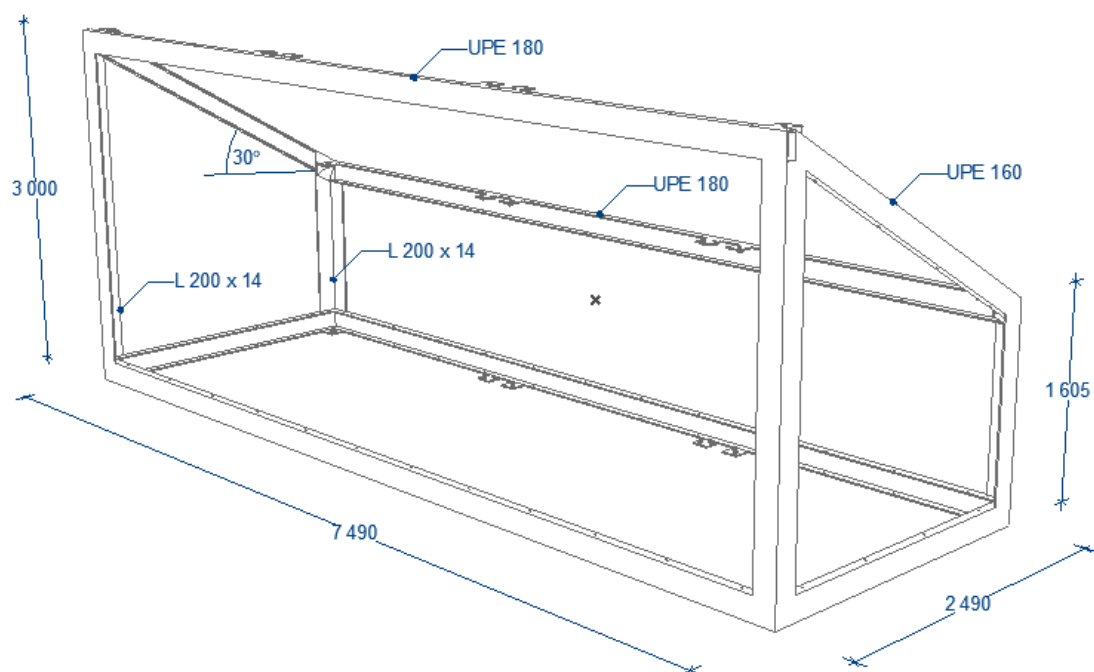
Spodní i horní nosníky byly navrženy z válcovaných profilů UPE180, na jejichž spodní pásnici jsou uloženy podlahové a stropní dřevěné trámy. Pro kotvení trámů a ocelových kotevních prvků jsou v pásnicích nosníků vyvrtány kotevní otvory v osové vzdálenosti 625 mm. Rohové sloupy budou provedeny z rovnoramenných úhelníků 180 x 12 mm. Použití tohoto tvaru profilu je výhodné z architektonických a dispozičních důvodů, méně potom z hlediska ekonomiky návrhu. Z ekonomického pohledu by mohlo být vhodnější užití efektivnějšího průřezu pro daný typ namáhání.

3.3 VARIANTY PRIMÁRNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

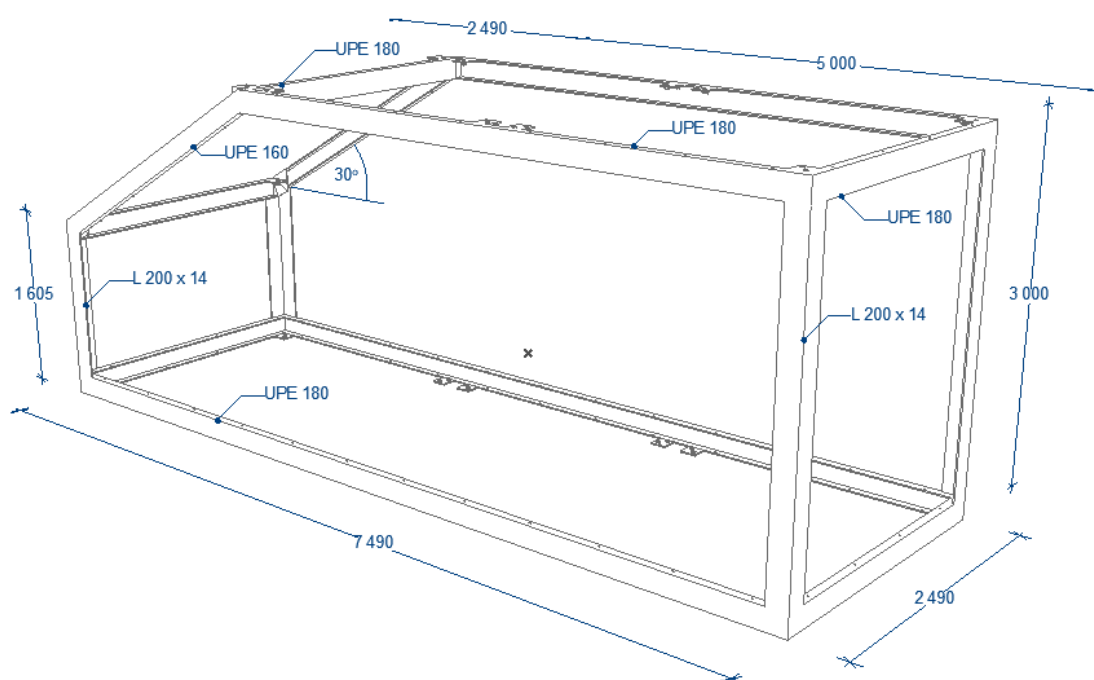
Pro pokrytí architektonických potřeb byly navrženy 4 tvarové varianty ocelové rámové konstrukce, které lze vzájemně kombinovat tak, aby bylo dosaženo požadovaného objemu budovy. Základní tvarovou variantou je kvádr. Doplnkové tvary se šikmými nosníky ve sklonu 30° jsou určeny pro vytvoření podkrovních prostorů. Návrh rámu pro podkrovní místnosti umožňuje zachování vysokého stupně prefabrikace, a přitom maximální využití zastavěné plochy u nízkopodlažních objektů s šikmou střechou. Schéma jednotlivých variant se nachází na následujících obrázcích 1-4. Obrázky jsou grafickým výstupem z modelu vytvořeného v programu Archicad.



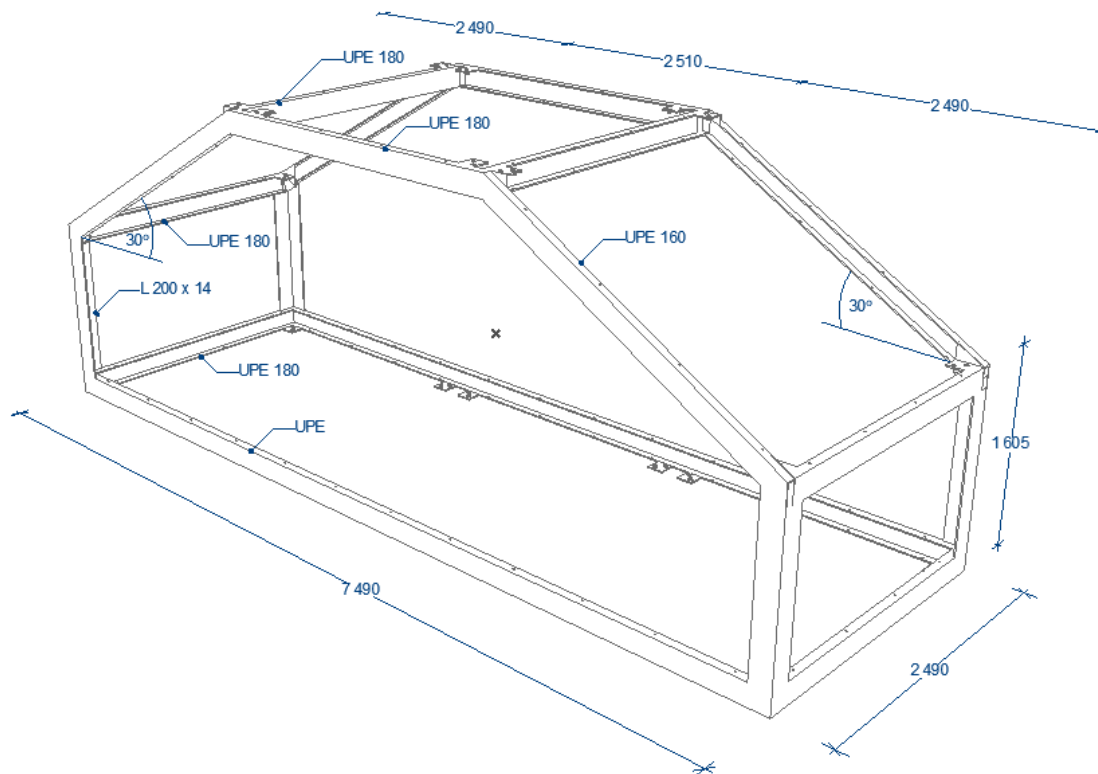
Obrázek 1: Primární nosná konstrukce - varianta 1



Obrázek 2: Primární nosná konstrukce - varianta 2



Obrázek 3: Primární nosná konstrukce - varianta 3

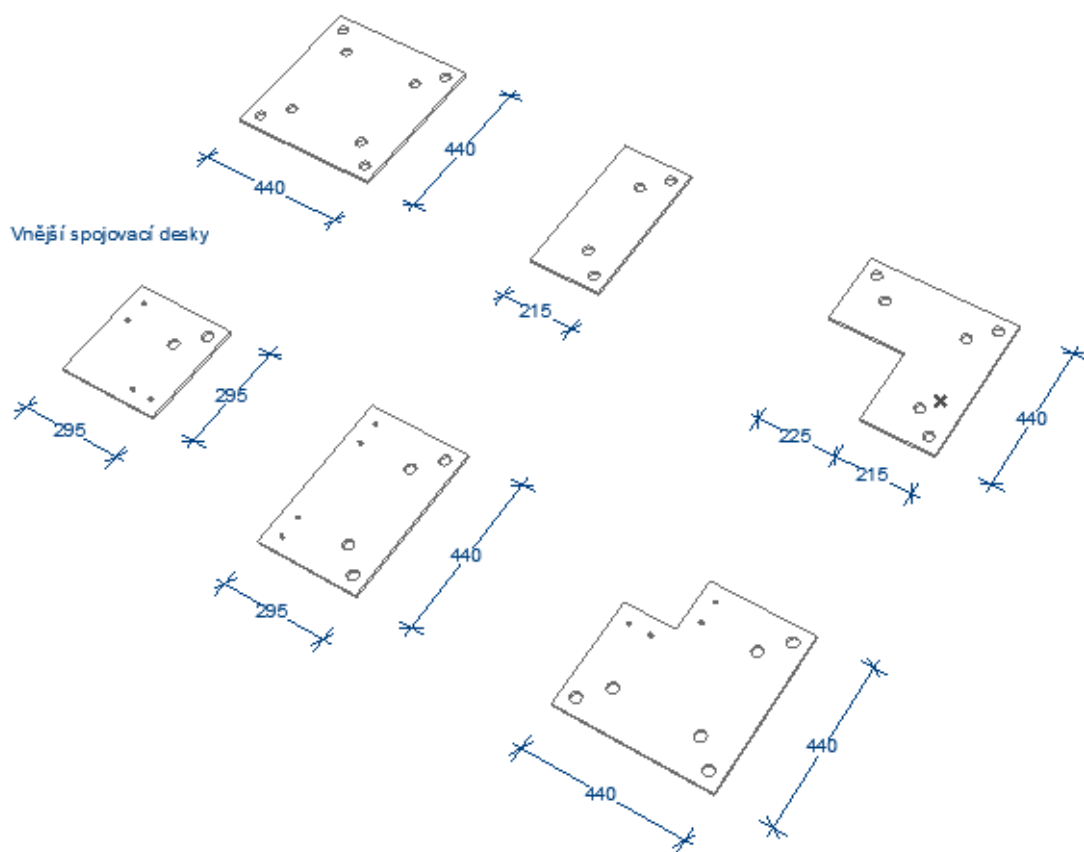


Obrázek 4: Primární nosná konstrukce - varianta 4

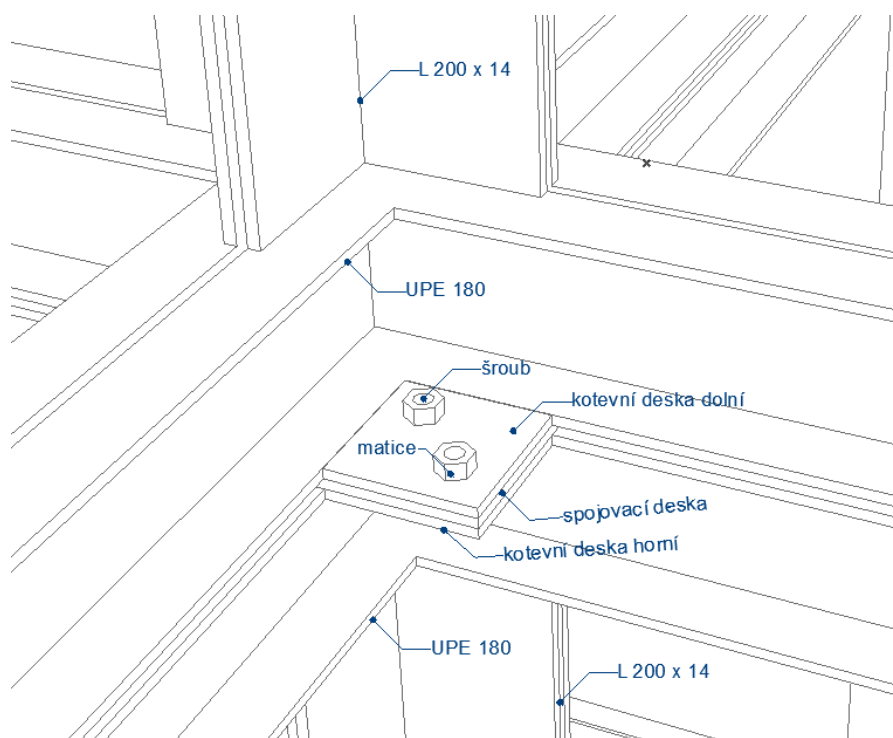
3.4 SPOJOVÁNÍ MODULŮ

Vzájemné spojování modulů probíhá pomocí vodorovných kotevních a spojovacích desek, které se umísťují v rastru 2,5 x 2,5 m. Tím je umožněno propojení modulů s podélnou a příčnou orientací. Kotevními deskami jsou ocelové plechy s otvory pro svisle orientované kotvící šrouby. Otvory jsou o 10 mm většího průměru, než je šroub. Tím je zohledněna možnost limitních výrobních imperfekcí a tolerancí pro usazení modulu. Montáž šroubu probíhá ze spodu skrz plechy do matice a utažení je provedeno dle předepsaného silového momentu. Instalace a utažení šroubu probíhá z interiéru z konstrukčních důvodů a bezproblémového propojení styku 4 modulů v jednom místě. Při spojování jednotek mezi jednotlivými patry je potřebné provést montážní otvory pro vsunutí a utažení šroubu pouze v navazujících stropních konstrukcích, protože ve spodních kotevních deskách jsou již z výroby navařeny matice. V kotevních deskách jsou vždy dva kotevní otvory pro každou jednotku. Jeden slouží pro ukotvení spojovací desky mezi jednotkami na stejném podlaží z důvodu stabilizace pozice před usazením dalšího patra. Druhý slouží pro propojení jednotek mezi patry. Následující obrázky ukazují varianty spojovacích desek v závislosti na prostorové skladbě modulů, schéma propojení modulů a možnosti kombinace tvarových variant primární nosné konstrukce.

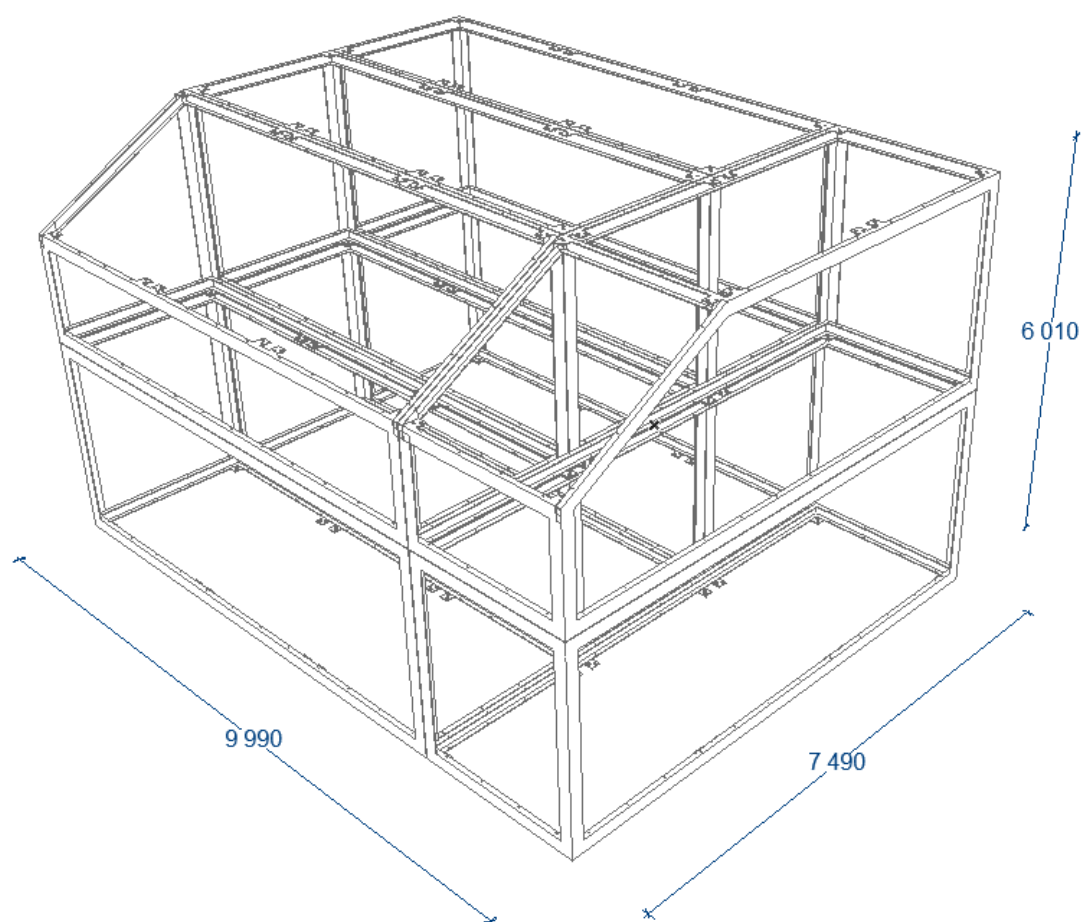
Vnitřní spojovací desky



Obrázek 5: Varianty spojovacích desek



Obrázek 6: Schéma propojení modulů



Obrázek 7: Kombinace tvarových variant primární nosné konstrukce

4 NÁVRH SEKUNDÁRNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

Sekundární nosná konstrukce se skládá z deskových a tyčových elementů na bázi dřeva. Dřevěný přírodní materiál byl zvolen s ohledem na environmentální dopad konstrukce, stejně tak jako kvůli jeho dobrým fyzikálním a mechanickým vlastnostem. Použití dřeva vzhledem k dobré opracovatelnosti a snadnému spojování ocelovými kotevními prostředky také usnadňuje montáž. Pro konstrukci je užito konstrukčních hoblovaných hranolů KVH NSi v průmyslové kvalitě namísto surového řeziva. KVH hranoly dosahují vyšší normové kvalitativní jakosti, která je vykoupena vyšší cenou. Při zohlednění dalších faktorů, jako je tvarová stálost, pravoúhlá přesnost, vysušení na požadovanou hmotnostní vlhkost před zabudováním do 18 %, pevnostní třída C 24, hoblovaný povrch ze všech čtyř stran a sražené hrany, je tento materiál zvláště vhodný pro stavební konstrukce. Označení NSi v názvu je vyjádření pohledové kvality hranolů. Tyto hranoly jsou určeny především pro nepohledové opláštěné konstrukce. Nejvyšší pohledové kvality dosahují vytrízené hranoly KVH Si pro pohledové konstrukce, které jsou pochopitelně ještě o něco dražší. Mechanické a fyzikální vlastnosti jsou ale u typu NSi i Si shodné. Pro opláštění hranolů se statickou funkcí jsou použity dřevoštěpkové lisované desky OSB 3 4-PD. Desky jsou již dnes vyráběny bez použití toxického formaldehydu a jsou zdravotně nezávadné. Desky z orientovaných velkoplošných štěpek vynikají svými celkovými užitnými a mechanickými vlastnostmi v poměru k ceně. Materiál OSB 3 je určený pro vnitřní použití jako nosný prvek v prostorech s třídou vlhkosti 2. Typ 4-PD značí desky spojované mezi sebou vyfrézovaným perem a drážkou. Vybrané prvky sekundárně nosné konstrukce byly staticky posouzeny. Základní statické posouzení na mezní stav únosnosti a použitelnosti bylo provedeno ve vlastních souborech Excel vytvořených pro potřeby této práce a je uvedeno v *příloze 3*. Výpočet zatížení je součástí *přílohy 1*.

4.1 POŽADAVKY

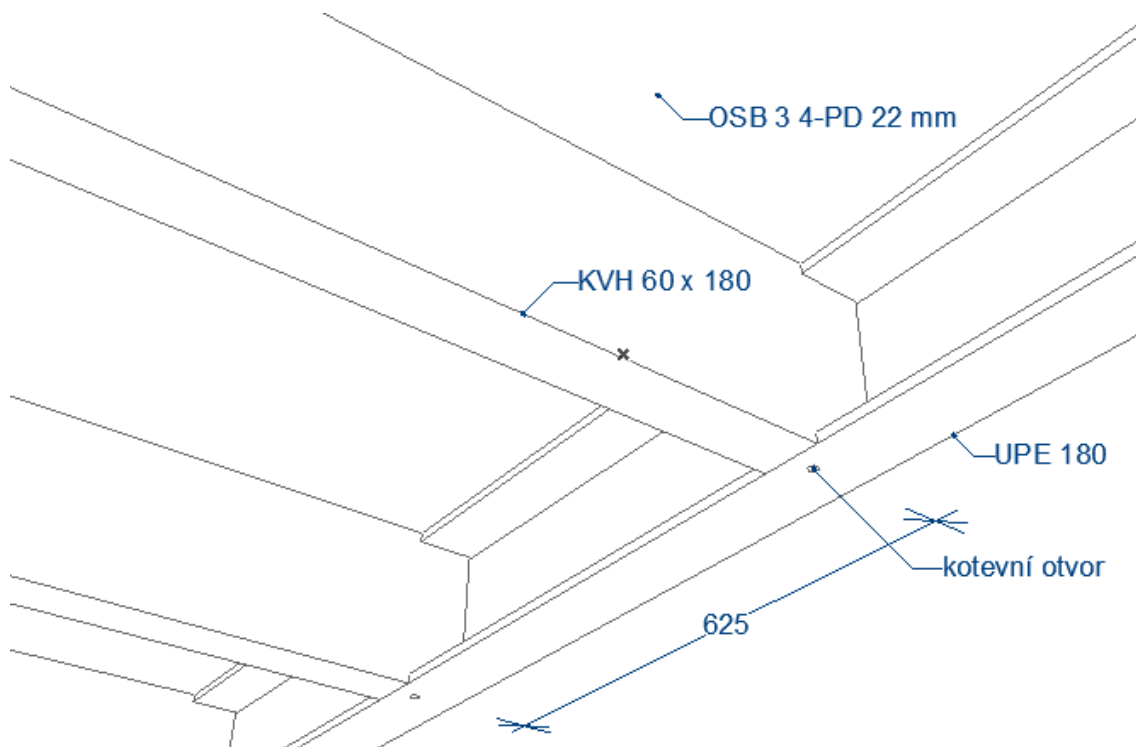
Základním požadavkem na sekundární nosnou konstrukci je její únosnost a použitelnost. Splnění statických požadavků vybraných dřevěných prvků bylo ověřeno výpočetním postupem podle Eurokódu 5, který je předmětem *přílohy 3* této práce. Pro splnění tepelně-technických požadavků kompletních plošných konstrukcí je nutné, aby i jednotlivé prvky nehomogenní vrstvy dosahovaly určitých parametrů a bylo vyloučeno riziko degradace konstrukce a omezení tepelných ztrát. Z těchto důvodů je vhodnější použití právě dřevěných hranolů namísto ocelových profilů. Zvýšení požární odolnosti sekundární nosné konstrukce a splnění normového požadavku na únosnost je zajištěna obkladem nehořlavým materiálem sádrovláknitých desek z interiérové strany. Dále jsou samostatně rozepsány jednotlivé konstrukce obsahující prvky se sekundární nosnou funkcí. Pro kompletní přehled jsou uvedeny skladby konstrukcí včetně navazujících nenosných vrstev.

4.2 PODLAHA

Tato podkapitola pojednává pouze o podlaze samostatného modulu. Celková konstrukce podlahy objektu je vlivem modulární architektury zdvojena a skládá se tedy z konstrukce stropu nebo základové desky a konstrukce podlahy, které je tato část práce věnována. Celková skladba podlahy nad terénem je uvedena v kapitole 5 *Vnější obalové konstrukce* a celková skladba podlahy mezi dvěma obytnými patry je uvedena v kapitole 6 *Vnitřní dělicí konstrukce*.

4.2.1 NOSNÉ JÁDRO PODLAHY

Nosnými prvky podlahy jsou dřevěné trámy a záklop z desek OSB. Záklop zajišťuje distribuci zatížení do jednotlivých nosných trámů. Trámy podlahy z KVH NSi fošen 60 x 180 mm jsou uloženy na spodní pásnici podélných ocelových nosníků UPE 180, do kterých jsou zapuštěny. Jejich stabilita je zajištěna vruty kotvenými skrz předvrtané otvory ve spodní i horní pásnici. Riziko vybočení na straně tlačенých vláken průřezu je eliminováno záklopem z desek OSB 3 4-PD 22 mm položených ve směru vyšší pevnosti a kotvených do fošen pomocí sponek v předepsaném rozestupu. Tím je zajištěno ztužení v rovině podlahy. Shodná výška fošen a nosníku UPE a způsob uložení zajišťuje rovinnost záklopu po celé ploše podlahy. Osová vzdálenost fošen 625 mm vychází z výrobních rozměrů deskových materiálů včetně desek OSB. Následující obrázek znázorňuje detail uložení stropního trámu.



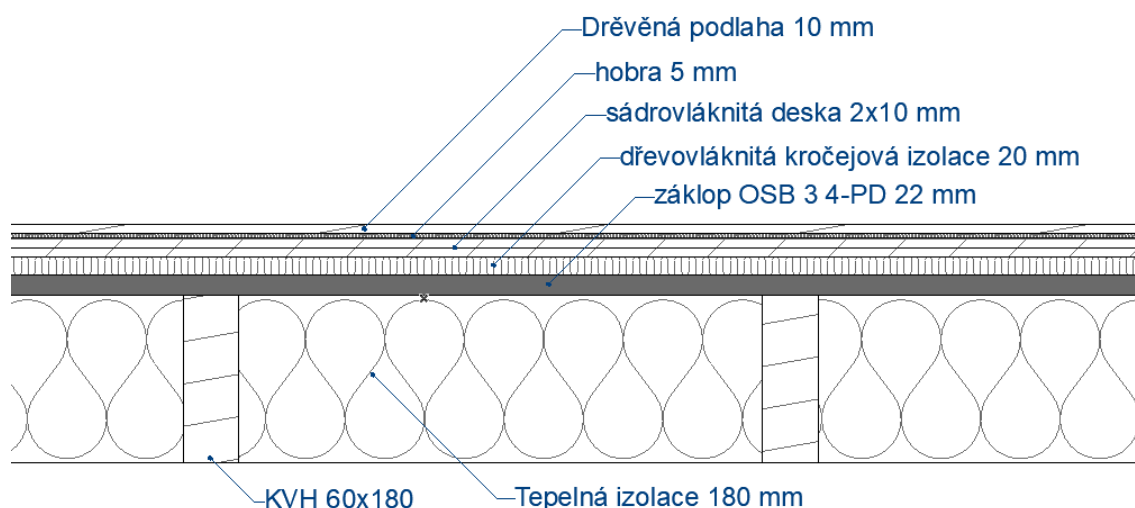
Obrázek 8: Detail uložení podlahového trámu

4.2.2 SOUVRSTVÍ PLOVOUCÍ PODLAHY

Pro omezení šíření kročejového hluku konstrukcí byla navržena konstrukce lehké plovoucí podlahy. Hrubá podlaha se skládá z kročejové dřevovláknité izolace s dobrým kročejovým útlumem a tepelně izolační schopností. Tloušťka vrstvy byla navržena 20 mm. Vhodným výrobkem je např. STEICO therm. Po obvodu podlahy je instalován podlahový pásek tloušťky 10 mm a výšky 50 mm z materiálu MIRELON. Na kročejové izolaci je křížem položena roznášecí vrstva ze sádrovláknitých desek fermacell v tloušťce 2 x 10 m. Tato skladba vyhovuje oblasti použití 3, pro kterou je charakteristické rovnoměrné zatížení 3 kN/m². Sádrovláknité desky jsou vzájemně slepeny a sešroubovány. V obytných místnostech je navržena dřevěná podlahová krytina tloušťky 10 mm s perem a drážkou, která je položena plovoucím způsobem na podkladní dřevovláknité desky, např. STEICO underfloor, tloušťky 5 mm nazývané také hobra. Ve vstupních prostorách je navržena keramická dlažba tloušťky 10 mm lepená na podklad ze sádrovláknitých desek opatřený penetračním nátěrem pomocí flexibilního lepidla. V koupelnách je navíc na sádrovláknité desky aplikována tekutá dvousložková hydroizolační stěrka.

4.2.3 SKLADBA PODLAHY MODULU

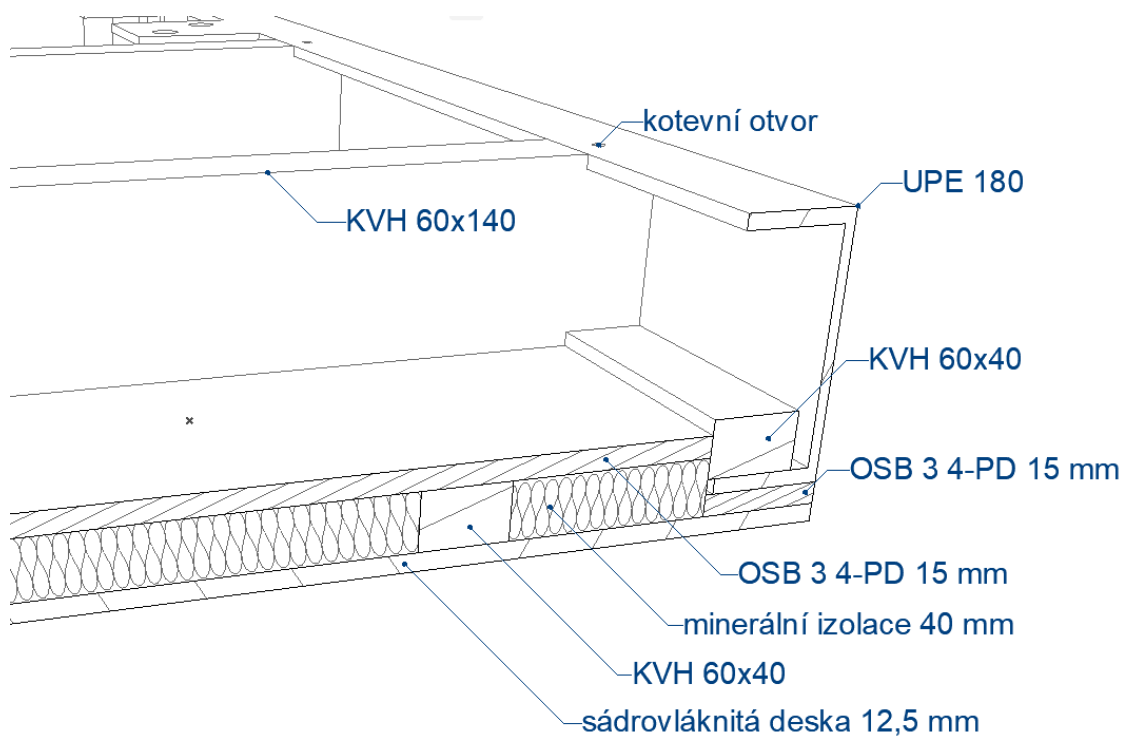
Řez podlahou modulu prvního nadzemního podlaží v obytné místnosti je znázorněn na následujícím schématu. Od podlahy modulů ve vyšším nadzemním podlaží se liší vloženou tepelnou izolací mezi podlahové fošny.



Obrázek 9: Schéma skladby podlahy modulu

4.3 STROP

Samonosná stropní konstrukce modulu je tvořena dřevěnými hranoly KVH 60 x 140 mm, které jsou podbity deskami OSB 3 4-PD tloušťky 15 mm. Stropní trámy jsou uloženy na spodní pásnici horního nosníku UPE 180 přes hranol KVH 60 x 40 mm, který vymezuje prostor pro instalační mezeru podhledu. Trámy jsou opět stabilizovány kotvením vruty skrz předvrtané otvory v pásnici ocelového nosníku UPE 180. Osová vzdálenost trámů je 625 mm. Trám je na horním líci zapuštěn do pásnice a na spodním do podkladního hranolu. OSB desky podbití jsou kotveny sponkami v předepsané vzdálenosti. Do stropních trámů a podbití jsou vruty připojeny latě KVH 60 x 40 mm ve směru kolmém na stropní nosníky. Osová vzdálenost latí je 500 mm a odpovídá výrobním rozměrům a požadavkům na kotvení sádrovláknitých desek podhledu stropu. Instalační mezera vysoká 40 mm je vyplněna minerální tepelnou izolací. Návrhem výše uvedené skladby bylo dosaženo rovinnosti spodního líce stropní konstrukce bez nadpraží vnějších výplní otvorů. Přitom došlo k zachování požadované světlé výšky místnosti pro rodinné domy. Obrázek níže graficky znázorňuje skladbu stropní konstrukce modulu.



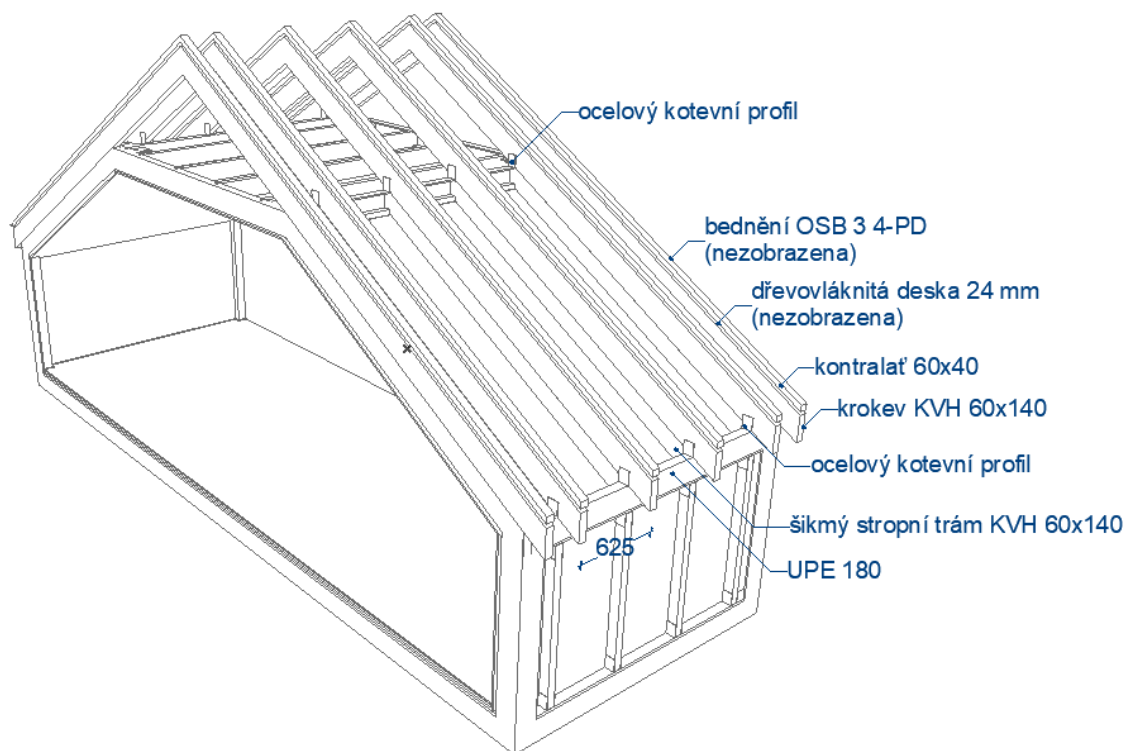
Obrázek 10: Schéma skladby stropní konstrukce modulu

4.4 STŘECHA

Tato podkapitola je věnována prvkům střešního pláště se statickou funkcí. Kompletní skladba střešního pláště je uvedena v kapitole 5 *Návrh vnějších obalových konstrukcí*. Střešní plášť objektu je montován až na staveništi, a to z důvodu přepravních rozměrů jednotek. Záměrem návrhu bylo vytvoření šikmé střechy se zachováním možnosti stejného stupně prefabrikace ve všech vnitřních prostorech objektu při co nejmenší celkové výšce objektu. Toto řešení se odlišuje od většiny systémů modulární architektury, které se skládají pouze z kvádrových modulů. Požadavkem byla možnost vzájemné kombinace modulů. Slon vychází z geometrie primární nosné konstrukce prostorových jednotek a byl určen jednoduchým výpočtem.

$$\arctg(\text{výška modulu} / 2 / \text{šířka modulu}) = \arctg(3 / 2 / 2,5) \approx 30^\circ$$

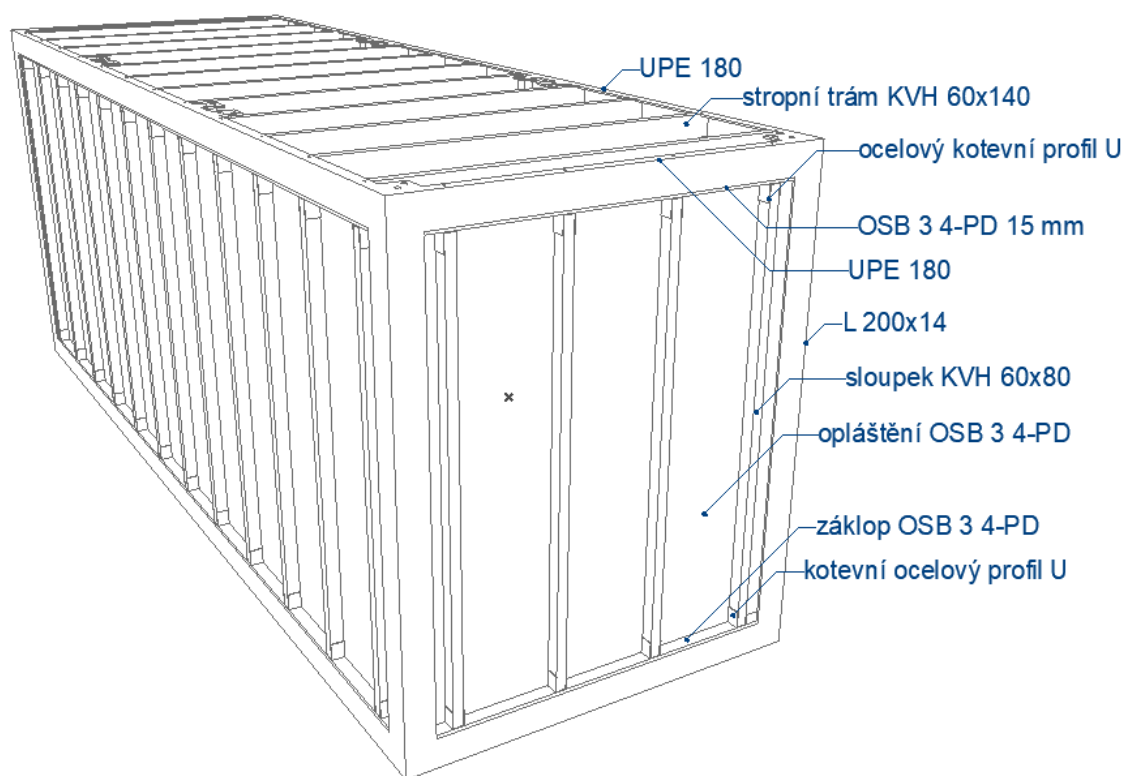
V interiéru podkroví je přitom zachována minimální světlá výška 1,2 m započitatelná do celkové užitné plochy. Nosným jádrem střešního pláště jsou dřevěné krokve z KVH NSi hranolů 60 x 140 mm, které jsou pomocí ocelových kotevních profilů propojeny s ocelovým rámem modulu. Kotvení je provedeno pomocí vrutu montovaného skrz kotevní otvory v kotevním profilu a nosníku UPE do stropního trámu. Jejich osová vzdálenost je 625 mm. Dočasné ztužení v rovině střešního pláště zabezpečují dřevovláknité desky např. STEICO universal tloušťky 24 mm, které jsou do krokví uchyceny vruty přes kontralatě. Funkci finálního ztužení mají konstrukční desky OSB 3 4-PD 15 mm kotvené sponkami do kontralatí. Desky OSB tvoří bednění pod plechovou krytinou. Na obrázku je vidět schéma střešního pláště se statickou funkcí v návaznosti na konstrukci prostorové jednotky.



Obrázek 11: Schéma části střešní konstrukce se statickou funkcí

4.5 STĚNA VNĚJŠÍ

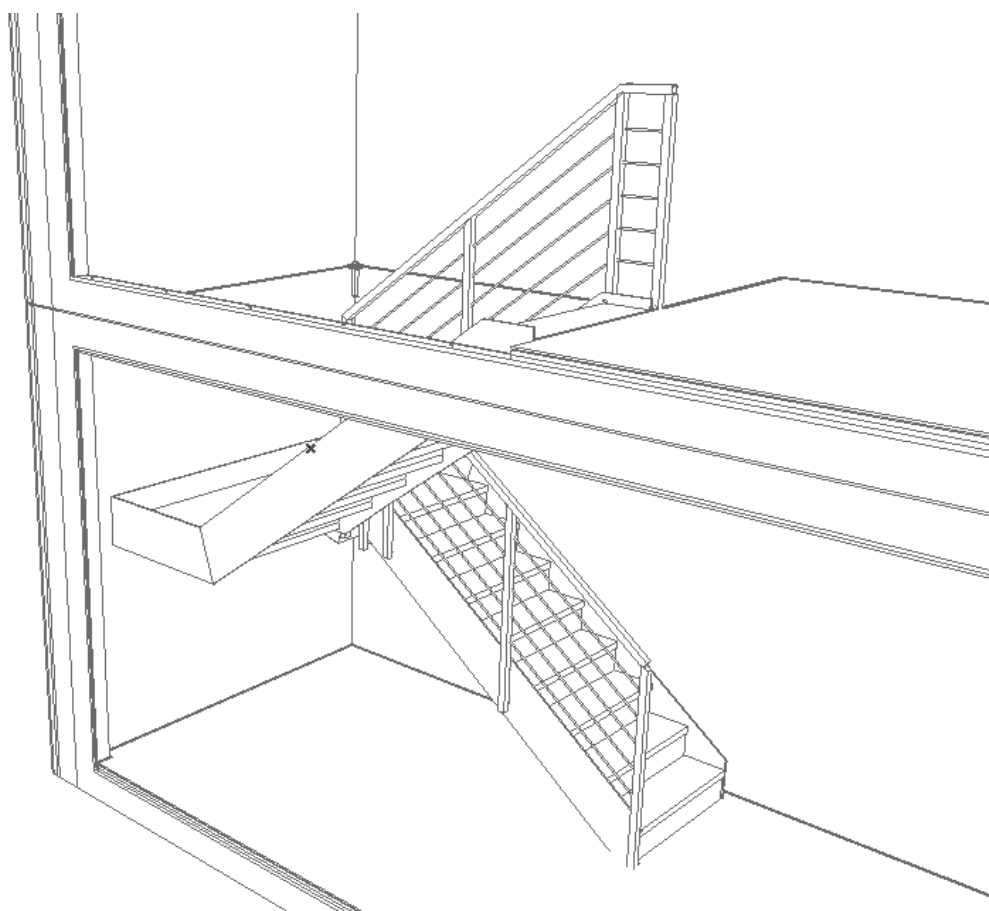
Tato podkapitola popisuje prvky skladby vnější stěny se statickou funkcí. Všechny tyto prvky jsou součástí modulu dopravovaného na staveniště. Tyto prvky zabezpečují stabilitu vnější stěny a podílejí se na ztužení objektu proti vodorovným silám. Jádrem stěny tvoří dřevěné sloupky KVH NSi 60 x 80 mm, které jsou kotveny prostřednictvím ocelového kotevního profilu skrz předvrtané otvory v pásnicích nosníku UPE do podlahových a stropních dřevěných trámů vruty. Vnější hrana sloupku lícuje s vnější hranou ocelové rámové konstrukce. Dřevěné sloupky jsou z vnitřní strany opláštěny deskami OSB 3 4-PD tloušťky 15 mm. Na zvýšení ohybové tuhosti sloupku se částečně podílí dřevěné svislé laťování instalační předstěny z latí KVH 60 x 40 mm, které jsou do sloupků kotveny vruty přes desky OSB. Vnitřní povrch je proveden ze sádrovláknitých desek fermacell. Do dřevěných sloupků je z vnější strany kotven rošt provětrávané fasády. Celková skladba vnější stěny je popsána v kapitole 5 *Návrh vnějších obalových konstrukcí*. Následuje schéma části vnější stěny se statickou funkcí.



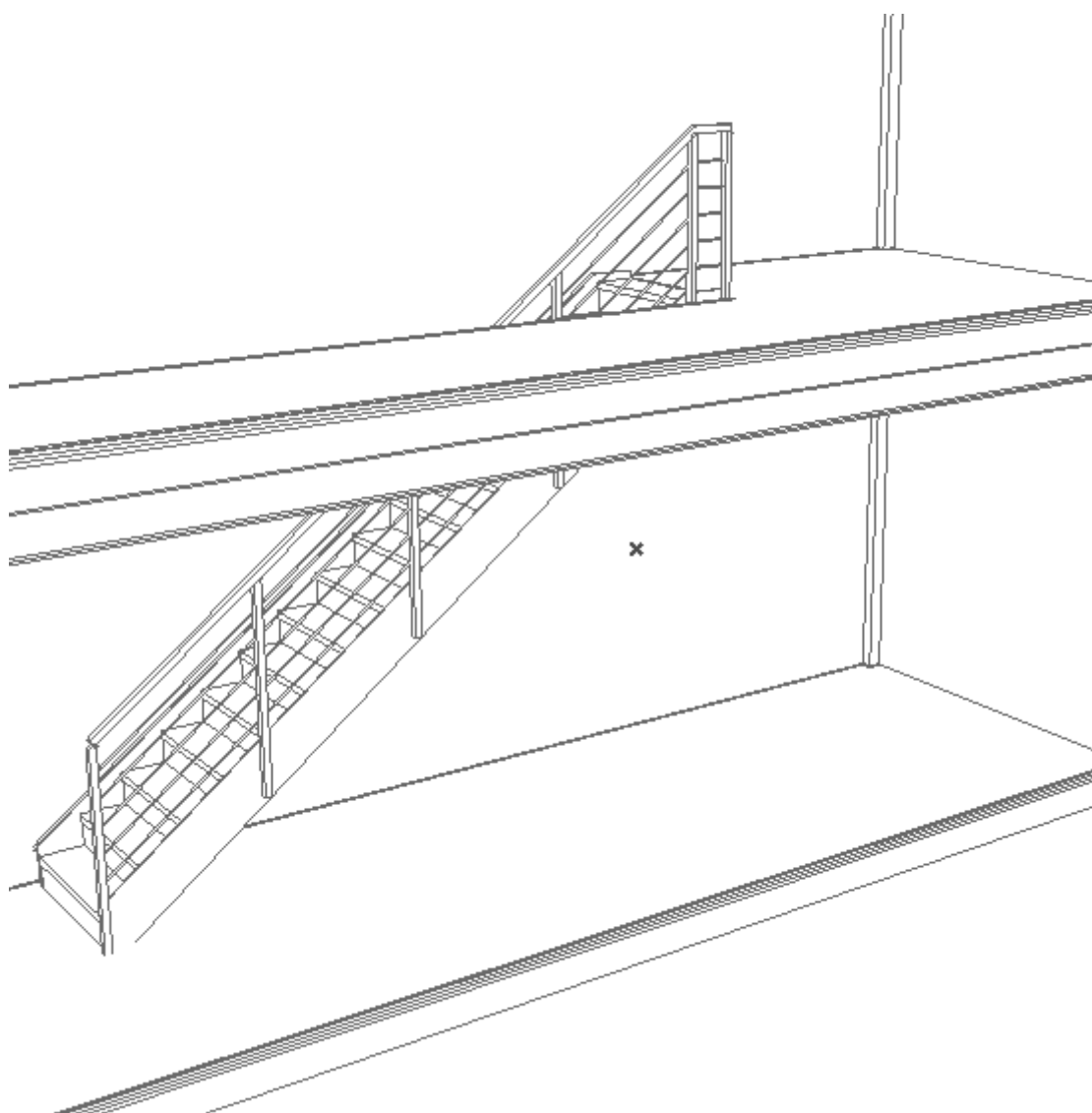
Obrázek 12: Schéma části konstrukce vnější stěny se statickou funkcí

4.6 SCHODIŠTĚ

Byly navrženy dvě tvarové varianty vnitřního schodnicového ocelo-dřevěného schodiště. Jedno s přímým ramenem a druhé dvouramenné s mezipodestou. Schodnice po obou stranách schodišťového ramene jsou z ocelového plechu. Nosné dřevěné stupně pnuté mezi schodnicemi jsou provedeny z hranolů KVH Si v pohledové kvalitě. Stupně jsou mořeny a opatřeny svrchním lakem zvyšujícím odolnost proti otěru. Na stupních se nacházejí protiskluzové samolepící pásy. Pro omezení šíření kročejového hluku jsou schodišťová ramena uložena na elastomerových podložkách a dilatována od okolních stavebních konstrukcí. Šířka schodišťového ramene je 900 mm, celkový počet stupňů je 16, jejich výška se rovná 188 mm a délka 250 mm. Schodiště je doplněno o zábradlí základní výšky 1000 mm subtilní ocelové konstrukce kotvené do ocelových schodnic z boční strany. Schodiště je součástí schodišťového modulu, ale osazení do finální pozice probíhá až na staveništi. Důvodem je to, že by byla překročena výška modulu 3 m o tloušťku podlahy modulu o patro výš. V závislosti na půdorysném průmětu schodiště byly přizpůsobeny konstrukce podlahy a stropu, které byly rovněž v místě uložení schodiště zesíleny přídatnými nosnými dřevěnými trámy KVH. Na obrázcích níže jsou představeny obě varianty schodišťového modulu. U modulu s dvouramenným schodištěm není vyobrazena pro potřeby prezentace bližší podélná stěna, která by zakrývala schodiště, ani příčka ve vyšším nadzemním podlaží na hraně schodišťového prostoru. Tyto stěny mohou být v případě potřeby nahrazeny zábradlím.



Obrázek 13: Schéma dvouramenného schodiště



Obrázek 14: Schéma jednoramenného schodiště

5 NÁVRH VNĚJŠÍCH OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ

Vnější obalové konstrukce objektu se skládají z konstrukcí, které jsou již součástí jednotlivých modulů z výroby, a konstrukcí dodatečného opláštění budovy prováděného z přepravních a manipulačních důvodů až na staveništi. Pro návrh skladeb vnějších obalových konstrukcí byly zohledněny všechny požadavky specifikované v další podkapitole. V tabulkách uvedených níže jsou přehledně uvedeny navržené skladby vnějších konstrukcí včetně tloušťky dílčích vrstev. V dolní části tabulek je uvedený výsledný součinitel prostupu tepla konstrukce, který je vypočten a vyhodnocen v souladu s normou ČSN 73 0540. Do výpočtu nejsou zahrnuty vrstvy psané modrým písmem. Dále je uvedeno vyhodnocení rizika kondenzace v konstrukci podle EN ISO 13788. Podrobný výpočet součinitele prostupu tepla jednotlivých vnějších i vnitřních konstrukcí se nachází v *příloze 4* této práce. U nehomogenních vrstev byl parametr tepelné vodivosti λ stanoven výpočtem na základě poměrného zastoupení jednotlivých materiálů. Výpočet byl proveden ve vlastním souboru Excel. Tepelně technický výpočet byl proveden také v programu Teplo, kde bylo navíc vyhodnoceno riziko kondenzace v konstrukci. Vzorový protokol výpočtu a posouzení vnější stěny se nachází v *příloze 5*. Kompletní protokol výpočtu a posouzení všech vnějších konstrukcí se nachází na přiloženém CD. *Přílohou 6* je vzorový protokol posouzení detailu založení objektu ve 2D teplotním poli programu Area. Všechny protokoly se opět nacházejí na CD.

5.1 POŽADAVKY

Hlavními požadavky na vnější obalové konstrukce je vytvoření bariéry oddělující vnitřní a vnější prostor objektu chránící vnitřní prostředí před nežádoucími klimatickými faktory. Tyto požadavky se tedy mohou značně lišit dle konkrétní lokality s charakteristickým klimatem a neexistuje žádné zcela univerzální řešení. Tento návrh je koncipován pro prostředí specifické pro Českou republiku a je posuzován dle platných legislativních předpisů na základě klimatických dat pro oblast Benešov. Statickými požadavky na vnější obalové konstrukce je vazba všech vrstev na nosné jádro konstrukce nebo podpůrné nosné konstrukce pro zajištění jejich stability a soudržnosti zejména při účincích saní větru. Tepelně-technické požadavky stanovují požadované a doporučené hodnoty součinitelů prostupu tepla dílčích stavebních a výplňových konstrukcí, lineárních a bodových činitelů prostupu tepla vyjadřující tepelný tok přes tepelné vazby, a průměrnou hodnotu součinitele prostupu tepla obálky budovy. Dalšími požadavky jsou pokles dotykové teploty podlahy a vnitřní povrchová teplota vyjádřená parametrem kritického teplotního faktoru. Předpokladem návrhu bylo konstrukční řešení obalových konstrukcí v pasivním standardu. Dalšími posuzovanými parametry charakterizujícími skladbu konstrukcí je fázový posun teplotního kmitu a vnitřní tepelná stabilita místnosti. Pozitivní dopad na oba tyto parametry má návrh sádrovláknitých desek a dřevovláknité izolace na interiérové straně konstrukcí. Navíc mají oba tyto materiály sorpční schopnosti napomáhající k vyrovnávání vlhkostních poměrů ve vnitřním prostředí. Vedle tepelně-technických požadavků jsou pro vnější konstrukce závazné také akustické požadavky na neprůzvučnost konstrukce a požadavky na požární odolnost konstrukce. Požární odolnost dřevěných konstrukcí je zvýšena vnitřním obkladem mechanicky odolnými

sádrovláknitými deskami, které mají pozitivní dopad i na akustické vlastnosti konstrukce zvýšením její vzduchové neprůzvučnosti. Jedinou výhodou běžně užívaných sádrokartonových desek je jejich nižší cena.

5.2 VNĚJŠÍ STĚNA

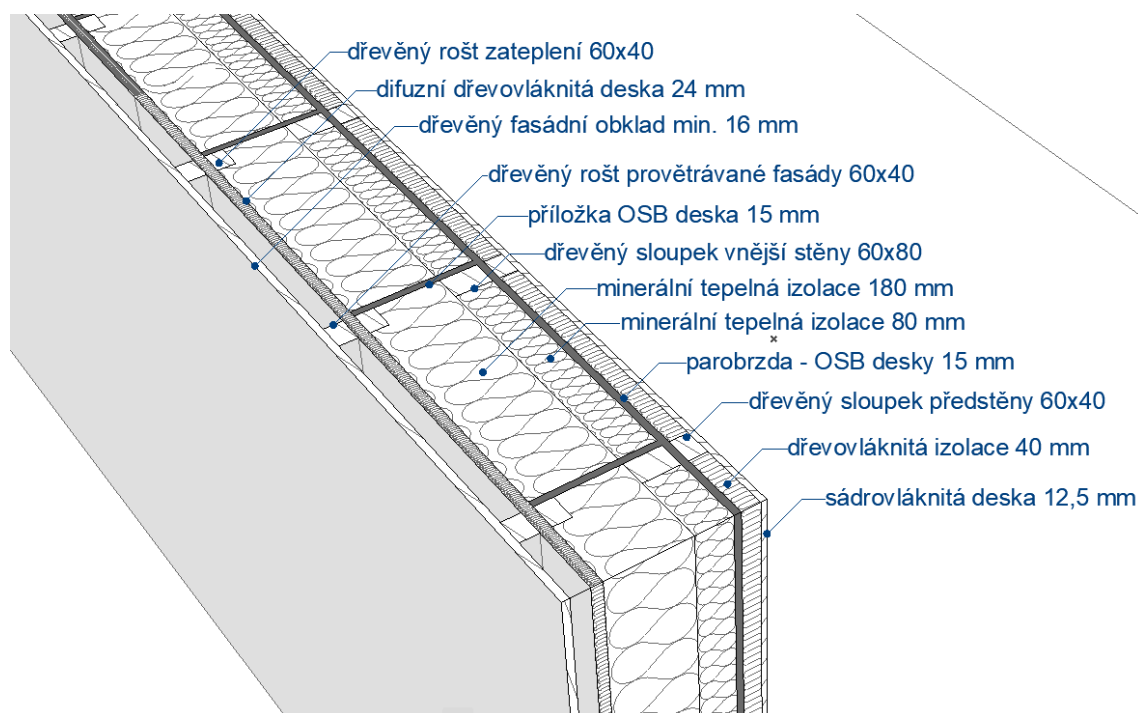
Konstrukce vnější stěny je navržena jako difuzně otevřená dvouplášťová s provětrávanou fasádou. Na vnitřním líci konstrukce se nachází obklad ze sádrovláknitých desek fermacell tloušťky 12,5 mm. Sádrovláknité desky byly upřednostněny před klasickými sádrokartonovými deskami z důvodů vyšší mechanické odolnosti včetně odolnosti proti proražení, možnosti kotvení výrazně těžších břemen až do 50 kg, vyšší tepelné kapacity, přispívající k vyšší tepelné stabilitě místnosti, lepší vzduchové neprůzvučnosti a požární odolnosti a možnosti použití i v koupelnách. Opláštění bude provedeno s lepenou spárkou a pro dosažení stupně kvality povrchu Q3 bude povrch po lokálním tmelení opatřen celoplošnou sádrovou stěrkou. Sádrovláknité desky jsou přišroubovány do svislých dřevěných latí předstěny. Instalační mezera šířky 40 mm je vyplněna dřevovláknitou flexibilní tepelnou izolací například STEICO flex. Dřevovláknitá izolace má výborný poměr mezi tepelnou kapacitou a tepelnou vodivostí, čímž zvyšuje tepelnou stabilitu v místnosti. Rovněž má výborné sorpční a desorpční vlastnosti a tím stabilizuje vnitřní vlhkostní klima. Navíc se jedná o ekologický přírodní materiál s nízkou uhlíkovou stopou. Rošt předstěny je kotven přes desky OSB do dřevěných sloupků stěny. Desky OSB mají vedle statické funkce také funkci vzduchotěsnou a parobrzdnou. Parametr difuzního odporu materiálu platí ale pouze pro materiál v ploše, nikoli pro konstrukci jako celek složenou z více prvků. Proto jsou spoje mezi deskami přelepeny z vnitřní strany samolepicí airstop páskou zabraňující proudění vzduchu spárami. Stejně jsou ošetřena napojení všech sousedních konstrukcí.

K dřevěným sloupkům je z vnější strany pomocí přílozek OSB kotven dřevěný rošt zateplení. Vnější opláštění roštu tvoří dřevovláknitá difuzní deska například STEICO universal tloušťky 22 mm s černou povrchovou úpravou pro zvýšení pohledové kvality fasády i při použití obkladu s přiznanými spárami. Prostor roštu zateplení je vyplněn tepelnou izolací ve formě desek nebo rolí, které se budou vkládat v závislosti na konstrukci roštu v několika překrývajících se vrstvách, nebo ve formě foukané izolace. Nejekonomičtější variantou je vzhledem k poměru ceny a tepelné vodivosti materiálu minerální vata ve formě rolí pro konstrukce provětrávaných fasád. Další možnou variantou je zateplení deskami minerální izolace nebo dřevovláknitými deskami. Foukanou izolaci je možné aplikovat ve formě celulózy, minerální vlny nebo dřevovláknů. Výhodami celulózy a dřevovláknité izolace je jejich nízký environmentální dopad. Při aplikaci foukáním do svislých dutin je ale vyšší spotřeba materiálu a objemová hmotnost se pohybuje kolem 50 kg/m^3 . Vyšší spotřeba materiálu zvyšuje logicky i cenu. Vyšší hmotnost, a tím i vyšší tepelná kapacita, by se teoreticky měla promítnout do vyšší tepelné stability vnitřního prostoru. Největší vliv na tepelnou stabilitu má však prvních několik centimetrů materiálu na vnitřní straně konstrukce a vliv tepelné kapacity vnějšího zateplení stěny není rozhodující. Vnější povrch fasády může být obložen různými deskovými materiály. Pro jedinečný vzhled a přírodní původ je ale upřednostňován dřevěný fasádní obklad v minimální tloušťce 16 mm. Obklad je upevněn pomocí vrutů

do dřevěných latí vymezujících prostor provětrávané mezery v tloušťce 40 mm. Druh dřeviny a způsob jejího ošetření závisí na požadavku investora a prostředí, kterému bude fasáda vystavena. Latě jsou kotveny do roštu zateplení přes dřevovláknitou difuzní desku. Spodní a horní zakončení fasády je opatřeno mřížkou proti vniknutí hlodavců, ptactva a většího hmyzu.

Tabulka 1: Skladba vnější stěny a její tepelně-technické vyhodnocení

Název vrstvy	tloušťka [m]
Sádrovláknitá deska	0,0125
Dřevovláknitá izolace + dřevěné sloupky	0,0400
OSB deska	0,0150
Minerální izolace + dřevěné sloupky	0,0800
Minerální izolace + příložky OSB	0,1400
Minerální izolace + dřevěné sloupky	0,0400
Dřevovláknitá deska	0,0240
Vzduchová mezera + dřevěné sloupky	0,0400
Dřevěný obklad fasády	0,0160
Součinitel prostupu tepla konstrukcí $U = 0,14 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$	
- vyhovuje doporučené hodnotě pro pasivní domy	
Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry	



Obrázek 15: Skladba vnější stěny s provětrávanou fasádou

5.3 STŘECHA

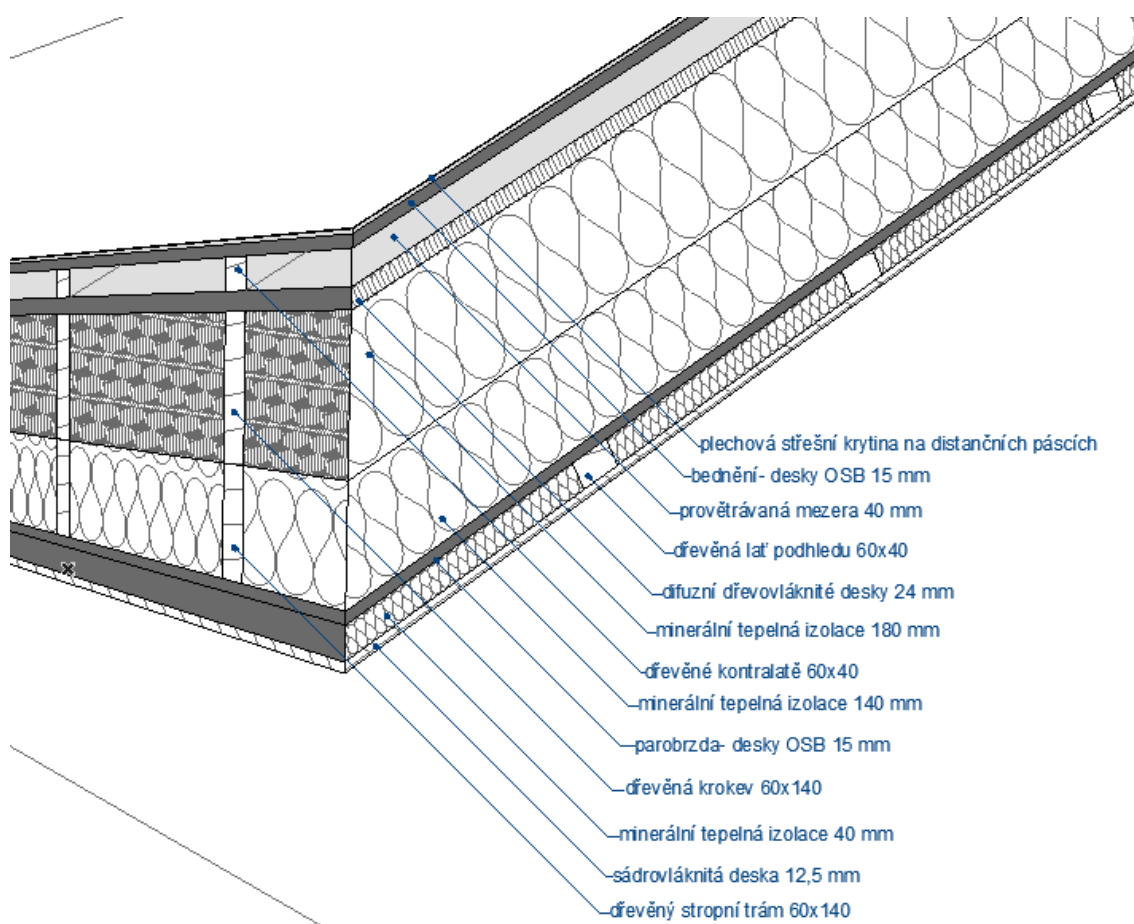
Střecha je řešena jako sedlová dvouplášťová se sklonem 30°. Díky modulární konstrukci se konstrukce střechy skládá ze skladby šikmého stropu modulu a střešního pláště. Střešní plášť je z dopravních, manipulačních i konstrukčních důvodů montován až na staveništi po spojení všech modulů do finální pozice. Na spodní interiérové straně konstrukce se nachází stejně jako u stěn opláštění sádrovláknitými deskami fermacell 12,5 mm upevněnými na dřevěný rošt podhledu z dřevěných latí, které jsou v tomto případě osově vzdáleny 500 mm. Prostor instalační mezery podhledu je z požárních důvodů a pozdějšího návrhu stropního vytápění topnými foliemi vyplněn nehořlavou minerální tepelnou izolací tloušťky 40 mm. Dřevěné latě jsou kotveny vruty do stropních dřevěných nosníků skrz desky OSB tloušťky 15 mm, které plní funkci parobrzdy a vzduchotěsné vrstvy, spoje desek a navazujících konstrukcí jsou přelepeny airstop páskou.

Souběžně se stropními trámy jsou uloženy krokve, které jsou kotveny k ocelovému rámu přes ocelové kotevní prvky. Na dřevěných krokvích se nachází záklop z difuzních dřevovláknitých desek například STEICO universal tloušťky 24 mm. Mezi stropní trámy a krokve je vložena tepelná izolace, jejíž možné varianty jsou shodné jako u stěn. Návrh dále uvažuje minerální tepelnou izolaci. Nad dřevovláknitými deskami se nachází provětrávaná mezera výšky 40 mm vymezená dřevěnými kontralatěmi. Do kontralatí je kotveno bednění z desek OSB. Střešní krytina je plechová falcovaná typu „click“. Tento systém se vyznačuje snadnou montáží a rovněž jej lze zpětně rozebrat a znovu použít. Tím ideálně zapadá do konceptu modulární výstavby. Pro prodloužení životnosti plechové krytiny jsou mezi ní a bedněním z desek OSB aplikovány distanční samolepící pásy ve směru sklonu střechy. Mezera umožňuje odvod případného kondenzátu vznikajícího na spodním líci plechů nebo vod, která by pronikla falcem mezi dvěma plechy. Pásy jsou z pružného materiálu a rovněž snižují hluk vznikající při dešti. Příkladem výše uvedené střešní krytiny je Lindab SRP Click. Provětrávaná mezera navazuje na provětrávanou mezeru stěny ve směru sklonu střechy. Odvětrání provětrávané mezery je navrženo prostřednictvím větracího hřebene, který je opatřen mřížkou proti hmyzu a ptactvu. Střecha bude doplněna o odvodňovací žlaby a svody v odstínu střešní krytiny. Dále bude doplněna o sněhovou zarážku.

Konstrukce základního tvaru modulu umožňuje rovněž užití jednoplášťové ploché střechy, která by se skládala ze záklopu deskami OSB a klasického souvrství z průběžné parotěsné fólie po celé ploše střechy objektu, tepelné izolace EPS, spádových klínů EPS a hydroizolační fólie. Toto řešení ale není předmětem návrhu, který je věnován dvouplášťovému střešnímu plášti ve sklonu 30°.

Tabulka 2: Skladba šikmé střechy a její tepelně-technické vyhodnocení

Název vrstvy	tloušťka [m]
Plechová krytina + distanční pásy	0,0050
OSB deska	0,0160
Vzduchová mezera + dřevěné kontralatě	0,0400
Dřevovláknitá deska	0,0240
Minerální izolace + dřevěné krokve	0,1400
Minerální izolace	0,0400
Minerální izolace + dřevěné trámy	0,1400
OSB deska	0,0150
Minerální izolace + dřevěný rošt	0,0400
Sádrovláknitá deska	0,0125
Součinitel prostupu tepla konstrukcí $U = 0,14 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$	
- vyhovuje doporučené hodnotě pro pasivní domy	
Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry	



Obrázek 16: Skladba dvouplášťové střechy

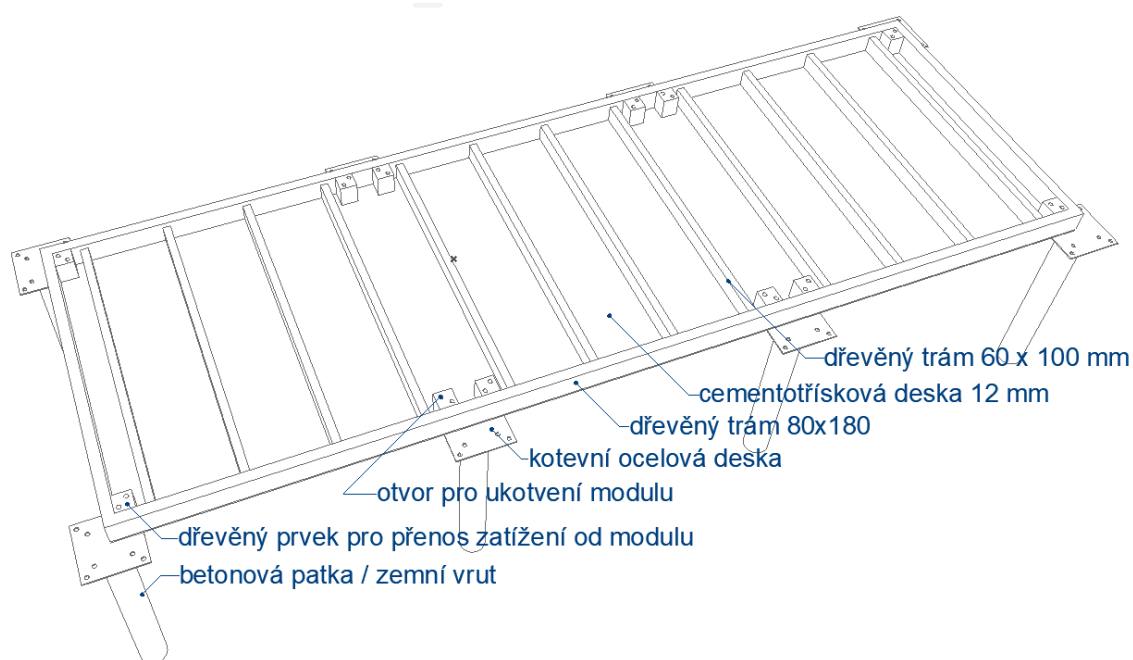
5.4 PODLAHA NAD TERÉNEM

Podlaha nad terénem se skládá z podlahy modulu a základové prefabrikované desky. Deska má shodné půdorysné rozměry s modulem a je uložena na základových patkách nebo zemních vrtech přes ocelovou kotevní desku, v závislosti na konkrétním případě, v rastru 2,5 x 2,5 m. Deska je složena z dřevěného rámu z obvodových hranolů KVH NSi 80 x 180 mm a dřevěných příčných trámů nesoucích podbití cementotřískovými deskami, například Cetris Basic, vhodnými do vnějšího prostředí. Dřevěný rám je vyplněn tepelnou izolací, jejíž materiálové varianty byly uvedeny v předchozích kapitolách. Dále je uvažováno s tepelnou izolací z minerálních vláken.

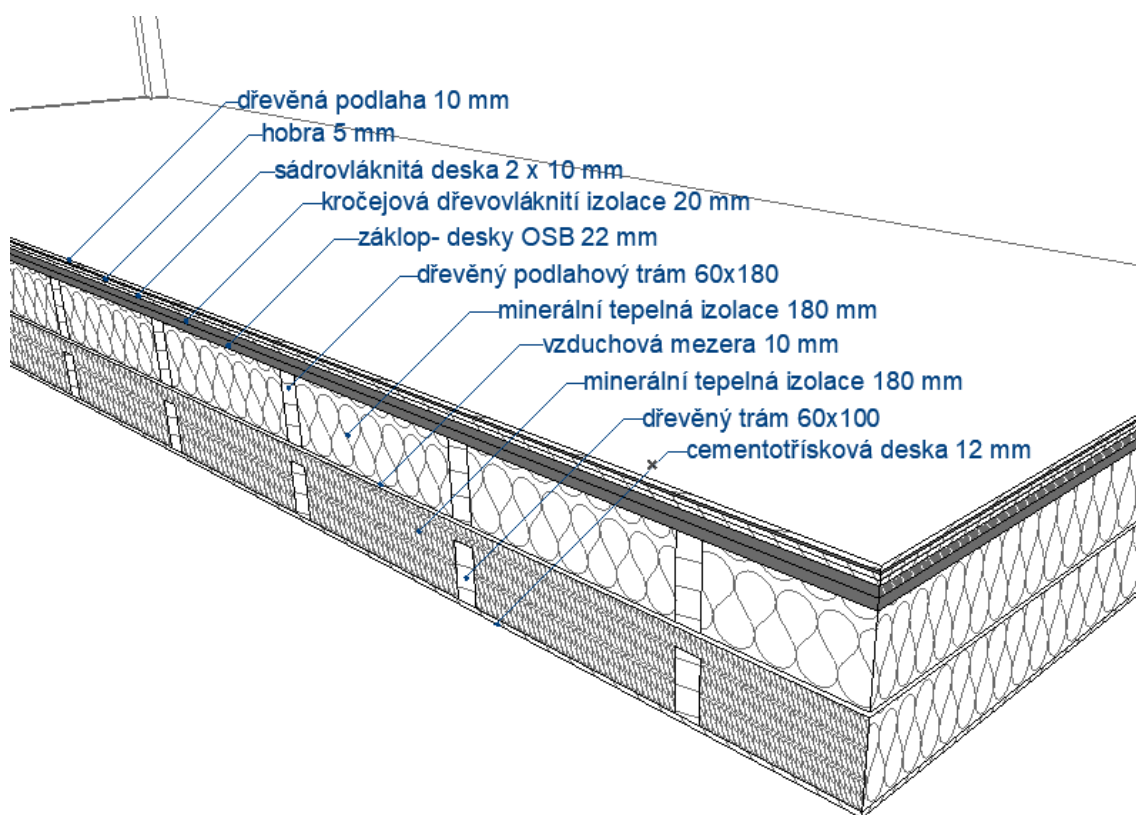
Na základovou desku je přes ocelové spojovací desky usazen modul, jehož součástí je i podlaha. Ta se skládá z podlahových dřevěných trámů 60 x 180 mm mezi které je vložena minerální tepelná izolace. Na trámech je záklop z desek OSB tloušťky 22 mm, který má vedle statické funkce také funkci vzduchotěsnou a parobrzdnou. Jeho spáry jsou přelepeny airtop páskou, a to včetně spár mezi záklopem a navazujícími konstrukcemi. Na deskách OSB se nachází souvrství plovoucí podlahy složené z kročejové dřevovláknité izolace tloušťky 20 mm, dvou křížem položených a spojených vrstev roznášecích sádrovláknitých desek mocnosti 2 x 10 mm, a čisté podlahy lišící se podle účelu vnitřního prostoru. V obytných místnostech se jedná o dřevěnou podlahu síly 10 mm položenou plovoucím způsobem na dřevovláknitou podložku z dřevovláknitých desek hobru. Ve vstupním prostoru je navržena keramická dlažba síly 10 mm lepená flexibilním lepidlem na sádrovláknité desky opatřené penetračním nátěrem. V koupelnách je navíc na sádrovláknité desky aplikována dvousložková hydroizolační stěrka a je provedeno vodotěsné napojení na svislé konstrukce, které jsou rovněž opatřeny hydroizolační stěrkou.

Tabulka 3: Skladba podlahy nad terénem a její tepelně-technické vyhodnocení

Název vrstvy	tloušťka [m]
Dřevěná podlaha	0,0100
Dřevovláknitá akustická izolace	0,0050
Sádrovláknitá deska	0,0200
Dřevovláknitá akustická izolace	0,0200
OSB deska	0,0220
Minerální izolace + dřevěné trámy	0,1800
Vzduchová mezera	0,0100
Minerální izolace	0,0800
Minerální izolace + dřevěný rošt	0,1000
Cementotřísková deska	0,0120
Součinitel prostupu tepla konstrukcí $U = 0,13 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$	
- vyhovuje doporučené hodnotě pro pasivní domy	
Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry	



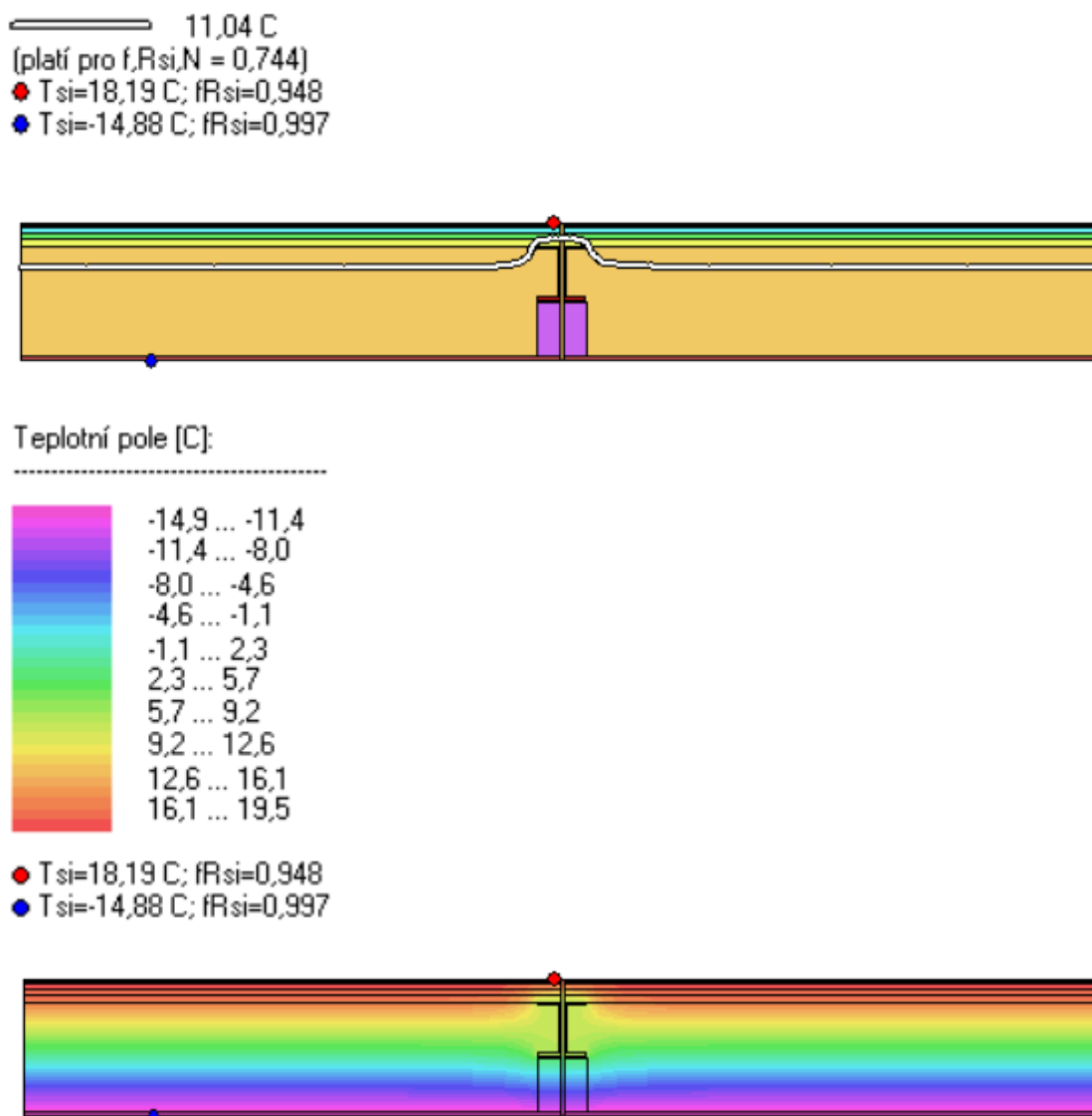
Obrázek 17: Schéma základové desky pro založení nad terénem



Obrázek 18: Skladba podlahy nad terénem

Vybrané detaily napojení konstrukcí v úrovni založení objektu nad terénem byly posouzeny ve 2D teplotním poli programu Area. Hlavními sledovanými parametry byly vnitřní povrchová teplota vyjádřená teplotním faktorem a tepelná propustnost detailu, přes kterou byl jednoduchým výpočtem vyjádřen lineární činitel prostupu tepla.

Založení nad terénem



Obrázek 19: Posouzení detailu ve 2D teplotním poli - založení nad terénem

Propustnost detailu

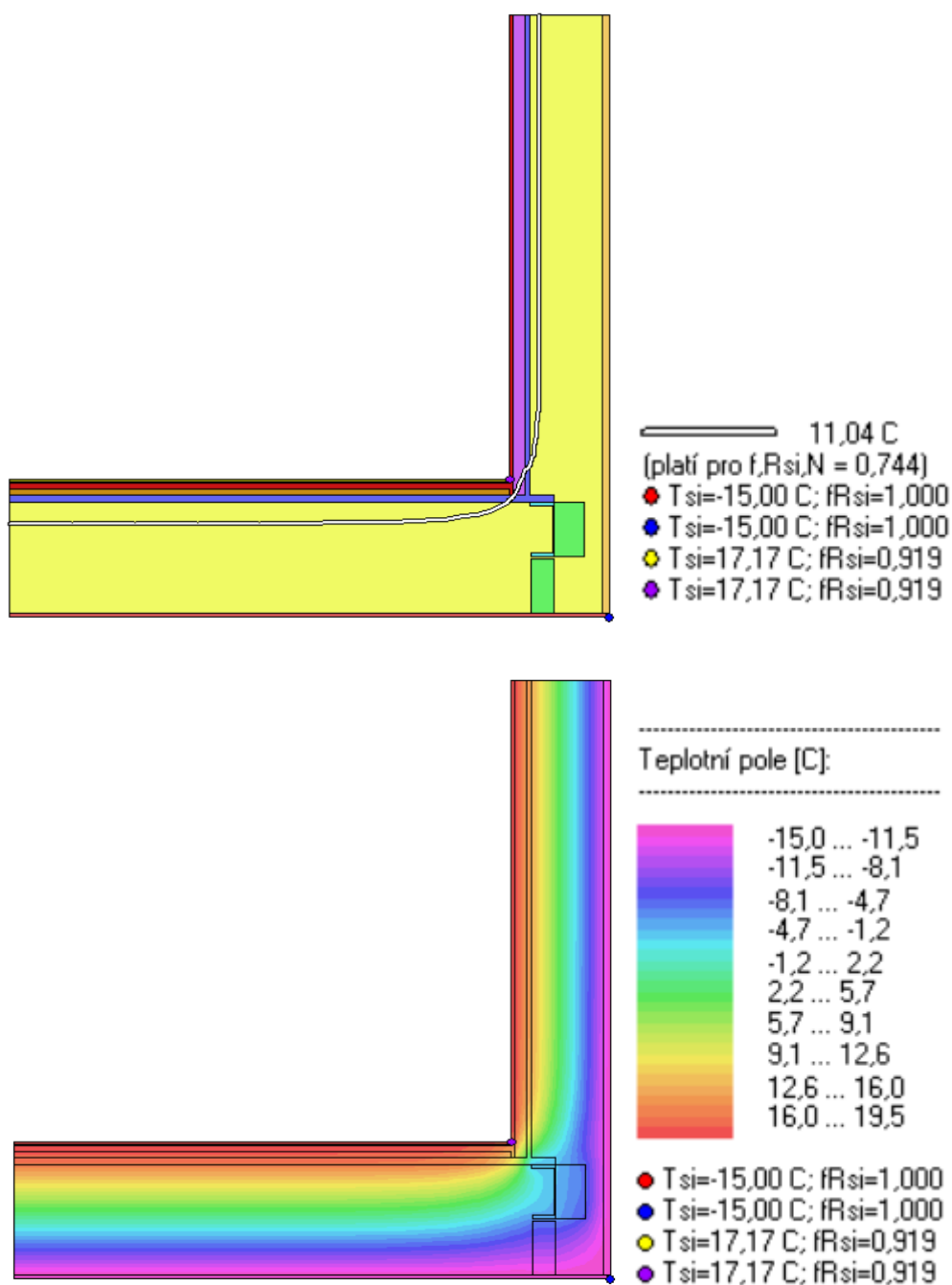
$$L = 0,73975 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Lineární činitel detailu

$$\psi = L - x_1 \cdot U_{\text{podlaha}} = 0,73975 - 3,642 \cdot 0,13$$

$$\psi = 0,266 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Spodní napojení vnější stěny



Obrázek 20: Posouzení detailu ve 2D teplotním poli – spodní napojení vnější stěny

Propustnost detailu

$$L = 0,20425 + 0,16608 = 0,37033 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Lineární činitel detailu

$$\psi = L - x_1 \cdot U_{\text{podlaha}} - y_1 \cdot U_{\text{stěna}} = 0,37033 - 2 \cdot 0,13 - 2 \cdot 0,14$$

$$\psi = -0,16967 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

5.5 VÝPLNĚ OTVORŮ

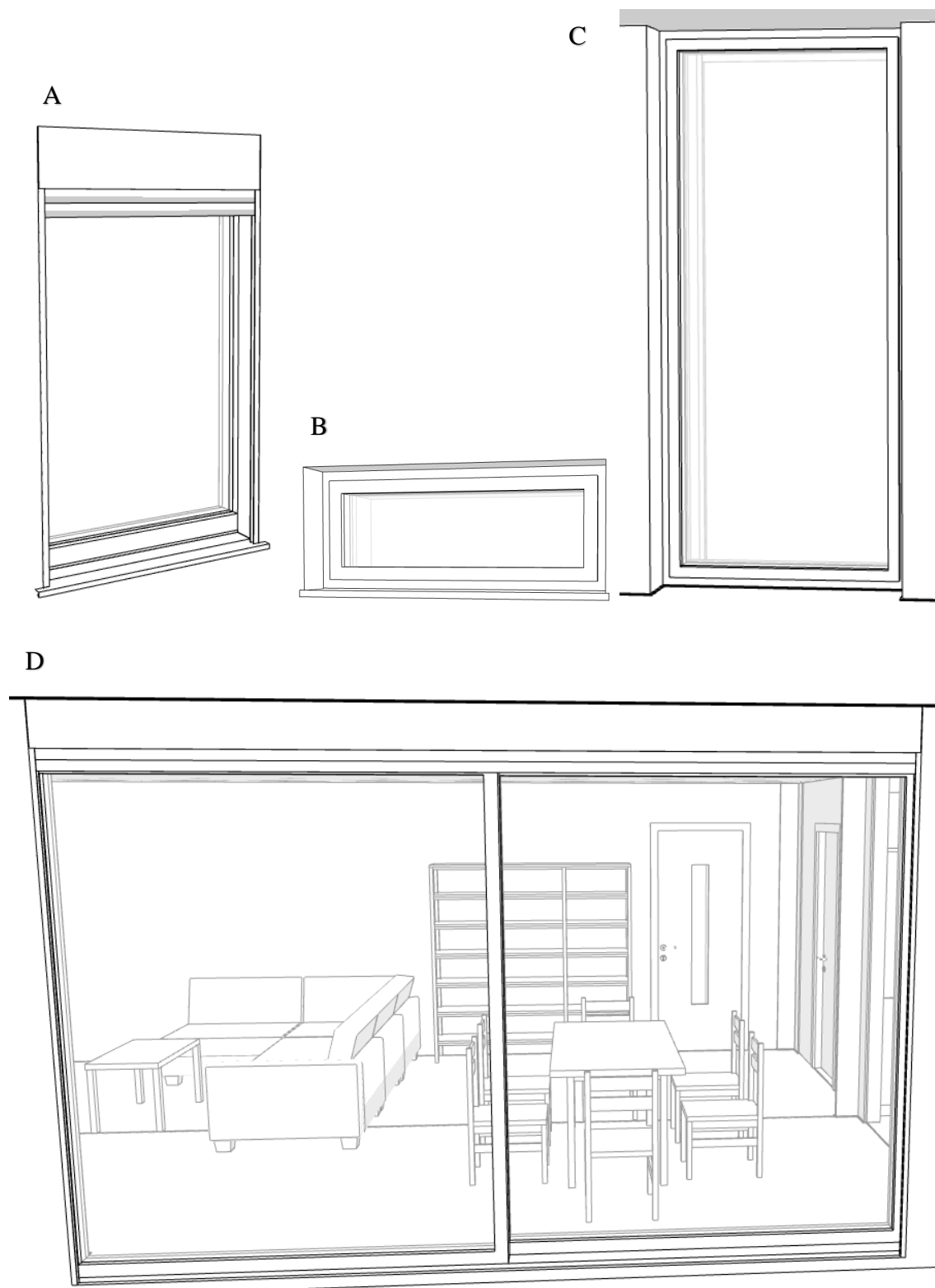
Výplně vnějších otvorů jsou navrženy tak, aby odpovídaly požadavkům pro pasivní dům. V závislosti na navazující stavební konstrukce byla zvolena předsazená montáž oproti vnější hraně modulu. Výplňové konstrukce jsou tedy montovány společně s vnějším pláštěm budovy až na staveništi. K této volbě vedlo omezení plynoucí z maximálních rozměrů dopravovaného nákladu, snížení rizika poškození výplní při přepravě a manipulaci a snížení hmotnosti prostorové jednotky.

Výplně jsou montovány do kastlíku vytvořeného z desek OSB 3. Kastlík v místě výplně nahrazuje příložky z desek OSB, které jsou součástí roštu zateplení. Konstrukční řešení modulu umožňuje použití výplní od podlahy až k spodnímu líci stropu bez nadpraží. Vedle architektury má toto řešení vliv i na množství světla přiváděného do místnosti a osvětlenost vzdálenějších ploch od oken. Okna francouzského typu staticky podepřena dřevěným základovým prahem vnějšího pláště z hranolu KVH NSi, který přenáší zatížení do primární nosné konstrukce ocelového rámu modulu přes spojovací desky, které tvoří podpory trámu. Všechny vnější výplně svislých stěn jsou zabudovány se skrytými rámy z vnější strany. Dřevěné rámy výplní jsou z vnější strany přetaženy dřevovláknitým tepelným izolantem a fasádním obkladem a jsou osazeny na tepelněizolační práh z materiálu Compacfoam pro přerušení tepelného mostu. Stabilizace oken je zajištěna páskovými nerezovými kotvami přišroubovanými vruty do dřevěných sloupků stěn. Připojovací spára je vyplněna nízkoexpanzní polyuretanovou pěnou. Z vnitřní strany je spára opatřena parotěsnou páskou a z vnější strany páskou s nízkým difúzním odporem. Řešení v pohledu neviditelných ráků je nejen estetické, ale také prodlužuje životnost ráků, které nejsou tolik namáhané nepříznivými vlivy vnějšího prostředí. Vzhledem k poměrně nízké tepelné kapacitě stěn se není třeba obávat u přiměřeně velkých tabulí skla jejich prasknutí vlivem vnitřního pnutí v důsledku rozdílných teplot skla v blízkosti ráků, kdy část skla uchycená v rámu není vystavena slunečnímu záření, a navíc je ochlazována napojenou stěnou. Všechny šířky a umístění výplňových otvorů vychází z modulové osové vzdálenosti sloupků stěn 625 mm. Z konstrukčního hlediska je pro osazení výplně otvoru nutné vynechat dřevěné sloupky, které zasahují do šířky otvoru, a deskové materiály dle pohledové velikosti stavebního otvoru. Konstrukce vnějších stěn jsou v tomto místě nahrazeny prvky, které se vždy vztahují ke konkrétní výplni otvoru.

5.5.1 OKNA

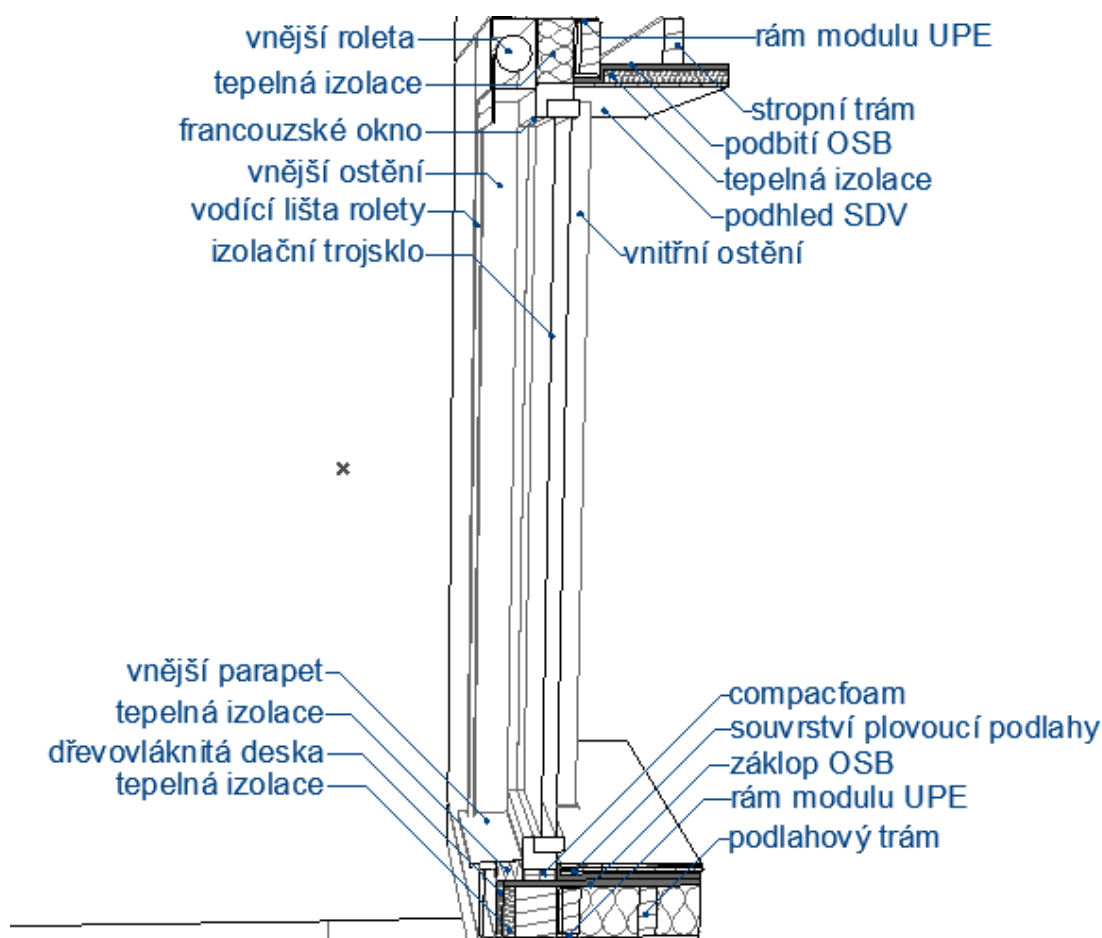
Okna byla navržena a vymodelována v několika variantách velikostí a způsobu otevírání dle účelu jejich použití. Všem požadovaným parametrům a výše popsaným konstrukčním řešením vyhovují například výrobky české firmy Slavona v modelové řadě Progression. Jejich technické parametry se nacházejí v *příloze 7* věnované hodnocení energetické náročnosti objektu. Vybraná okna jsou doplněna o screenové rolety s pohledově viditelným kastlíkem v odstínu vnějších klempířských prvků. Vnější zastínění je navrženo kvůli snížení pasivních tepelných solárních zisků v letním období a omezení rizika přehřívání vnitřních místností. Screenové rolety zároveň propouštějí dostatek světla do interiéru a zajišťují soukromí před nežádoucími pohledy z exteriéru. Okna mohou být francouzská od podlahy po strop bez nadpraží, klasická s parapetem, nebo v podobě rozměrného zdvižně posuvného HS portálu pro dokonalé propojení interiéru

s exteriérem. Následující perspektivy zachycují vnější a vnitřní vzhled okenních otvorů. Dále je ukázán schématický řez vybranými okenními otvory.

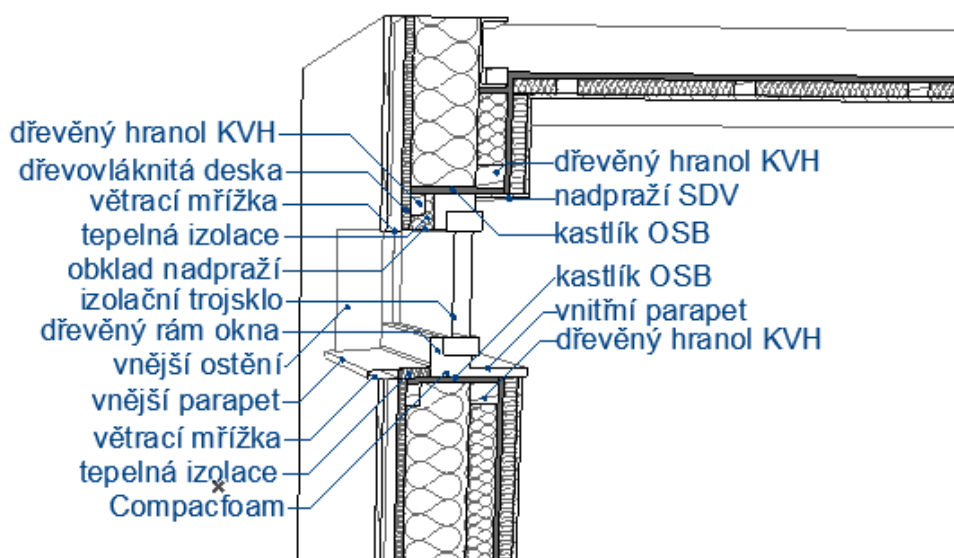


Obrázek 21: Vnitřní a vnější pohled na typické okenní otvory

A – vnější pohled na okno s parapetem, B – vnitřní pohled na okno s parapetem a nadpražím, C – vnitřní pohled na francouzské okno, D – vnější pohled na HS portál



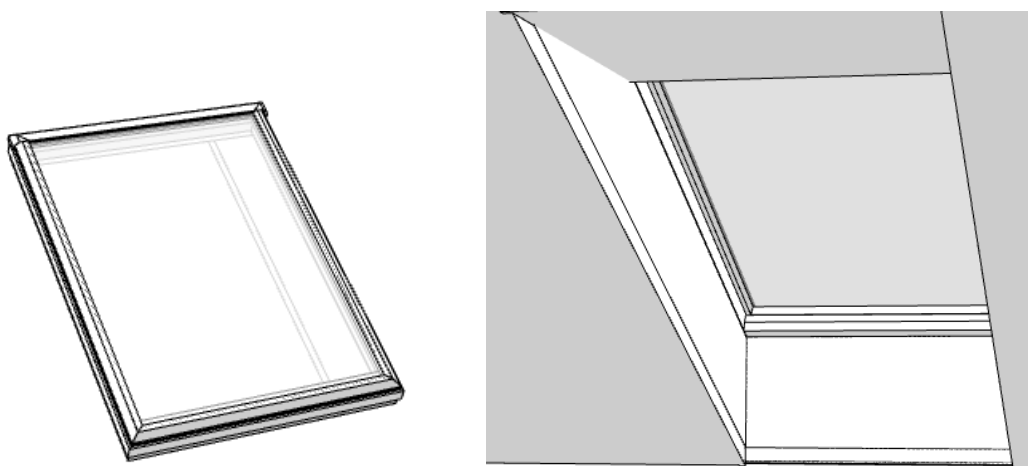
Obrázek 22: Schématický řez francouzským oknem



Obrázek 23: Schématický řez oknem s parapetem a nadpražím

5.5.2 STŘEŠNÍ OKNA

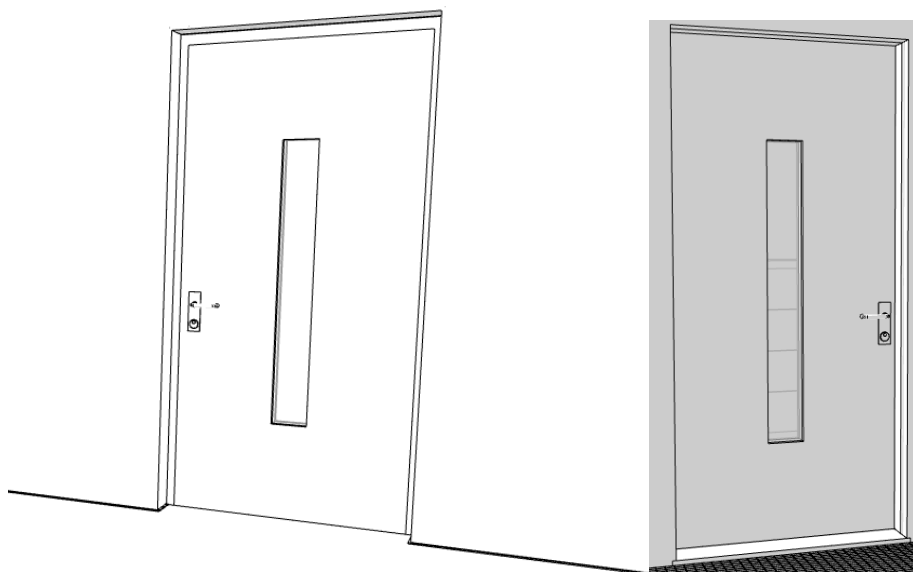
Střešní okna byla navržena pro objekty s podkrovními moduly se sklonem střechy 30°. V důsledku výšky umístění se jedná o klasickou konstrukci otevírání se spodním ovládáním. Vyhovujícím výrobkem je například střešní okno Velux Premium GGL. Střešní okna budou doplněna vnějším stíněním screenovými roletami. Následující obrázek ukazuje vnější a vnitřní pohled na střešní okno.



Obrázek 24: Vnější a vnitřní pohled na střešní okno

5.5.3 DVEŘE

Vnější vstupní dveře budou dřevěné konstrukce s částečným prosklením. Vhodným výrobkem jsou například celodřevěné nízkoenergetické dveře Slavona Progression. Následující obrázek ukazuje vnější a vnitřní pohled na vstupní dveře.



Obrázek 25: Vnitřní a vnější pohled na vstupní dveře



6 NÁVRH VNITŘNÍCH DĚLÍCÍCH KONSTRUKCÍ

Vnitřní dělicí konstrukce se dělí na příčky a vnitřní stropní konstrukce mezi dvěma obytnými podlažími. Vzhledem k použité primární nosné konstrukci se uvnitř dispozice objektu nenachází nosné stěny. Všechny svislé vnitřní plošné konstrukce jsou tedy nenosné a jejich jedinou funkcí je rozdělení vnitřní dispozice objektu a uložení instalačních rozvodů.

6.1 PŘÍČKY

Lehká konstrukce příček využívá tenkostěnné ocelové sádkartonové profily CW a UW, které tvoří rošt stěny. Připojovací UW profily jsou opatřeny těsnicí páskou. Opláštění je provedeno sádrovláknitými deskami. Vnitřní prostor příčky je vyplněn dřevovláknitou tepelnou izolací. Výhody použitých materiálů již byly dříve v této práci specifikovány.

V místě napojení příčky na okolní konstrukce je přerušeno povrchové deskové opláštění těchto konstrukcí. Pata příčky je napojena na záklop z desek OSB a opatřena podlahovým páskem z Mirelonu. V místě vnější stěny je vynecháno opláštění vnější stěny sádrovláknitými deskami a příčka je napojena na opláštění z desek OSB. Napojení na stropní konstrukci umožňuje dilataci. Podhled ze sádrovláknitých desek je v místě příčky přerušen. Tento doporučený způsob napojení výrazně omezuje výskyt akustických mostů. V následujících tabulkách je uvedena skladba dvou variant tloušťky příčky. Silnější příčka je určena pro rozdělení místností s nároky na vyšší vzduchovou neprůzvučnost stavebních konstrukcí pro dosažení akustické pohody v interiéru.

Tabulka 4: Skladba příčky 100 mm a její tepelně-technické vyhodnocení

Název vrstvy	tloušťka [m]
Sádrovláknitá deska	0,0125
Dřevovláknitá izolace + ocelové profily	0,0750
Sádrovláknitá deska	0,0125
Součinitel prostupu tepla konstrukcí $U = 1,16 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$	

Tabulka 5: Skladba příčky 150 mm a její tepelně-technické vyhodnocení

Název vrstvy	tloušťka [m]
Sádrovláknitá deska	0,0125
Dřevovláknitá izolace + ocelové profily	0,1250
Sádrovláknitá deska	0,0125
Součinitel prostupu tepla konstrukcí $U = 0,83 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$	

6.2 VNITŘNÍ STROPNÍ KONSTRUKCE

Vnitřní stropní konstrukce se skládá ze stropní konstrukce spodního modulu a podlahové konstrukce horního modulu. Obě tyto konstrukce již byly popsány v předchozích kapitolách. V následující tabulce je pro přehlednost uvedena celková skladba vnitřního stropu budovy včetně vypočteného součinitele prostupu tepla konstrukce.

Tabulka 6: Skladba vnitřního stropu a její tepelně-technické vyhodnocení

Název vrstvy	tloušťka [m]
Dřevěná podlaha	0,0100
Dřevovláknitá akustická izolace	0,0050
Sádrovláknitá deska	0,0200
Dřevovláknitá akustická izolace	0,0200
OSB deska	0,0220
Vzduchová mezera + dřevěné trámy	0,3500
OSB deska	0,0150
Minerální izolace + dřevěný rošt	0,0400
Sádrovláknitá deska	0,1000
Součinitel prostupu tepla konstrukcí $U = 0,44 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$	

7 KONCEPT VÝROBNÍHO PROCESU MODULÁRNÍHO OBJEKTU

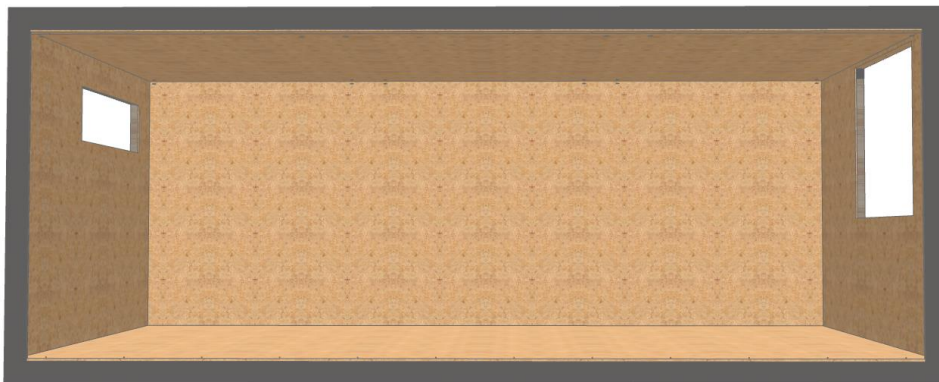
Navržený uzavřený modulární systém je koncipován jako stavebnice, kde všechny jeho součásti prošly jistým stupněm prefabrikace a mají své pevně dané místo a pořadí montáže specifikované v montážním návodu. V předchozích kapitolách byly dílčí konstrukce podrobně popsány. V této kapitole je s pomocí obrazové galerie představen technologický postup celého výrobního procesu montovaných objektů z prostorových jednotek. Jedná se o postup samotné montáže, nikoli popis prvovýroby jednotlivých komponent, které jsou výrobními vstupy.

Počátek výrobního procesu

1. Výrobní proces začíná v montážní hale, kde se z přesně dělných ocelových profilů svaří prostorový rám modulu požadovaného tvaru a rozměrů. Varianty ocelového rámu byly prezentovány v kapitole 3.3 *Varianty primárně nosné konstrukce*.
2. Osazení podlahových trámů a jejich kotvení vruty skrz předvrtané otvory ve spodní pásnici UPE
3. Zaklopení podlahy deskami OSB a jejich přisponkování k podlahovým trámům
4. Osazení stropních trámů a jejich kotvení vruty skrz předvrtané otvory v horní pásnici UPE
5. Podbití stropních trámů deskami OSB připevněné sponkovací pistolí
6. Přišroubování kotevních profilů sloupků vnějších stěn do stropních a podlahových trámů skrz předvrtané otvory v pásnicích UPE a dokončení kotvení všech podlahových a stropních trámů, kde se sloupky vnějších stěn nenachází
7. Osazení sloupků vnějších stěn a pažníků v místech výplní otvorů
8. Opláštění vnějších stěn z vnitřní strany deskami OSB připevněných sponkovací pistolí

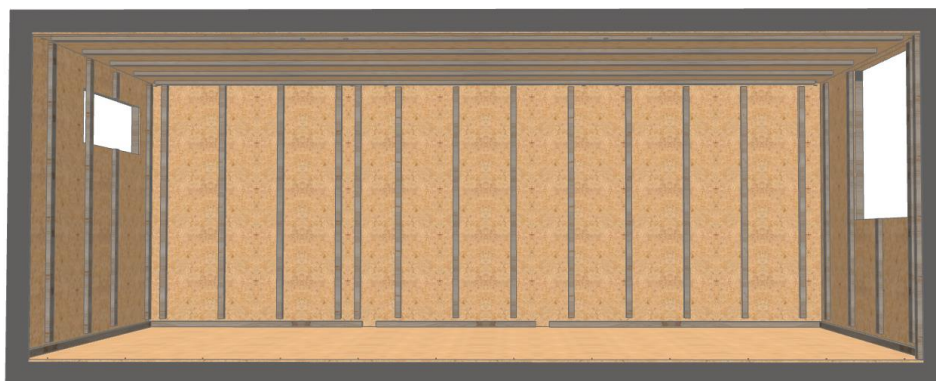


Obrázek 26: Montáž- sekundární nosná konstrukce modulu (vnější pohled)



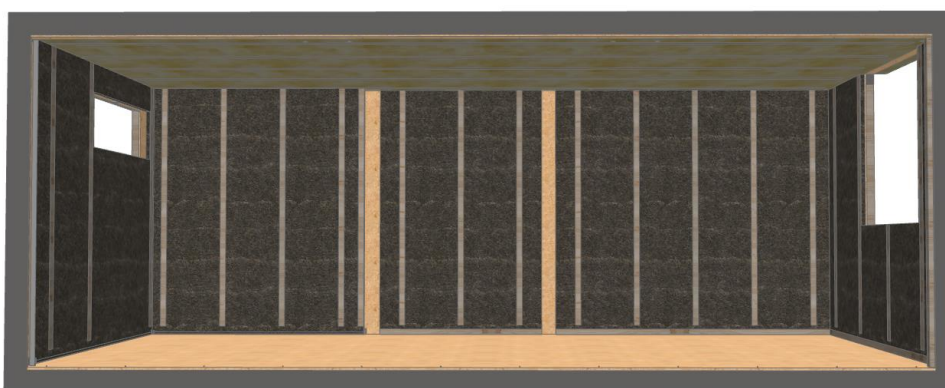
Obrázek 27: Montáž- sekundární nosná konstrukce modulu (vnitřní pohled)

9. Přelepení spojů desek airstop páskou
10. Připevnění roštu předstěny a podhledu



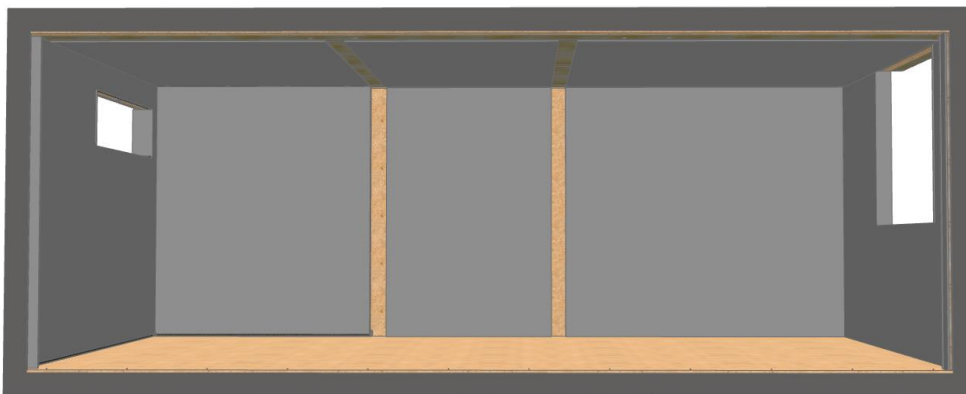
Obrázek 28: Montáž- rošt předstěny a podhledu

11. Instalace silnoproudých a slaboproudých rozvodů elektřiny
12. Vyplnění předstěny a podhledu tepelnou izolací



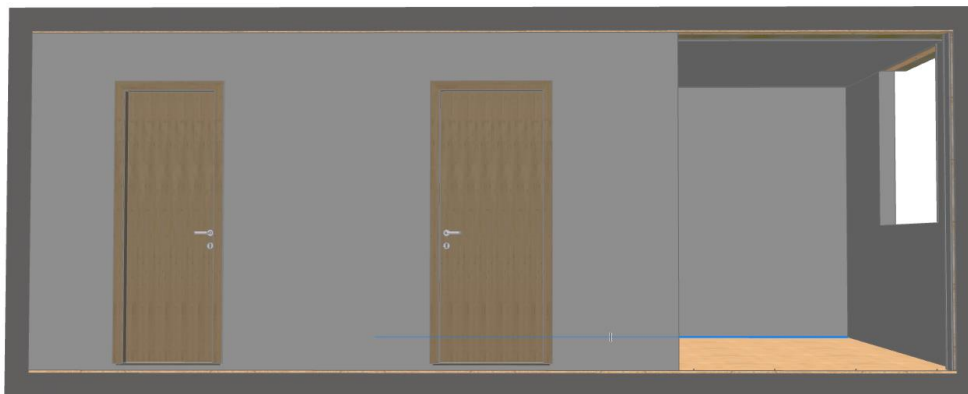
Obrázek 29: Montáž- zateplení předstěny a podhledu

13. Opláštění stěn a stropu sádrovláknitými deskami mimo krajní pruhy, kde se nacházejí montážní otvory pro vzájemné spojování modulů



Obrázek 30: Montáž- opláštění sádrovláknitými deskami

14. Montáž sádrovláknitých příček (vnitřní dveře budou osazeny po dokončení všech prací ve výrobní hale)



Obrázek 31: Montáž- sádrovláknité příčky

15. Pokládka hrubé plovoucí podlahy a podlahových pásků



Obrázek 32: Montáž- hrubá plovoucí podlaha

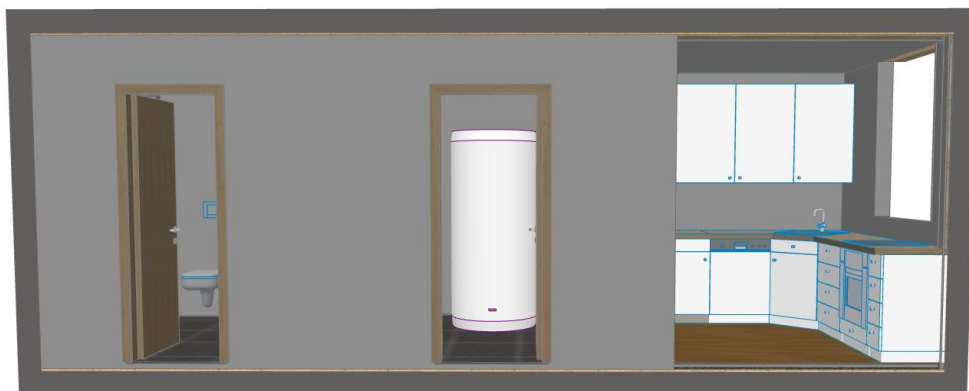
16. Hydroizolační stěrka v koupelnách

17. Pokládka čisté podlahy



Obrázek 33: Montáž- čistá podlaha

18. Instalace zařizovacích předmětů a systémů TZB včetně kuchyňské linky



Obrázek 34: Montáž- zařizovací předměty

Konec výrobního procesu probíhajícího ve výrobní hale

Stejným postupem budou dokončeny všechny moduly, ze kterých se bude objekt skládat. Základová deska bude vyrobena v příslušném počtu kusů. Příprava základových konstrukcí na staveništi bude probíhat současně s výrobou modulu a v době přepravy budou základové konstrukce plně dokončeny.

19. Převoz všech modulů, základových desek a potřebných spojovacích prostředků na staveniště
20. Osazení modulů do finální pozice autojeřábem a propojení modulů (viz kapitola 3.4 spojování modulů)
21. Doprava veškerého předpřipraveného materiálu pro vnější obalové konstrukce v přesném množství i geometrii jednotlivých prvků.
22. Instalace kotevních profilů přišroubovaných do stropních trámů
23. Osazení střešních krokví do kotevních profilů
24. Vytvoření kastlíku pro střešní okna
25. Vyplnění konstrukce střešního pláště tepelnou izolací
26. Provedení záklopu z dřevovláknitých desek



27. Montáž kontralatí
28. Montáž bednění pod plechovou krytinou z desek OSB
29. Osazení střešních oken
30. Instalace plechové střešní krytiny
31. Montáž roštu zateplení vnější stěny včetně kastlíků pro výplně otvorů
32. Osazení výplní otvorů
33. Vyplnění roštu tepelnou izolací
34. Opláštění roštu dřevovláknitými deskami
35. Připevnění roštu fasádního obkladu
36. Obložení fasády
37. Instalace klempířských prvků
38. Vyčištění staveniště

Konec výrobního procesu probíhajícího na staveništi venku

39. Vyplnění montážní spáry mezi moduly izolačním materiálem a přelepení páskou
40. Propojení vnitřních rozvodů TZB
41. Lokální dokončení vnitřních povrchů v místech montážních otvorů
42. Odvoz stavebního odpadu a nářadí

Konec výrobního procesu



8 KONCEPT ARCHITEKTONICKÉHO NÁVRHU

Tato kapitola je věnována specifickému způsobu architektonického návrhu kompletního montovaného objektu z prostorových jednotek s využitím BIM technologie modelování. Pro maximální zjednodušení architektonického návrhu objektu bylo uplatněno systematické řešení zakládající se na vymodelování všech možných kombinací uspořádání konstrukcí v rámci modulů. Jednotlivé moduly jsou pomyslnými kostkami stavebnice, pomocí nichž je nejprve sestaven tvar výsledné budovy. Počet těchto modulů je vyšší než 50 a je dále rozšiřitelný na základě specifických požadavků. Tyto vymodelované moduly nejsou zcela totožné s moduly skutečně vyráběnými ve výrobní hale, neboť obsahují i konstrukce vnějšího opláštění, a naopak v základní verzi neobsahují žádné otvory pro výplně otvoru ani vnitřní uspořádání. Výplně otvorů, vnitřní dělicí konstrukce, zařízení a systémy TZB se navrhují až v rámci vymezeného vnějšího tvaru budovy, který by měl odpovídat účelu objektu. Tento způsob modelování se zdá být neefektivnější pro opakované používání, a přitom zachování maximální možné variability návrhu. Pravidla pro umístování jednotlivých elementů byla již dříve v této práci uvedena. Při vkládání otvorů jsou v rámci modelu nejprve odstraněny sloupky zasahující do budoucího otvoru a jejich kotevní profily, poté jsou do tohoto místa nakopírovány konstrukční prvky s vazbou na uvažovanou výplň otvoru. Nakonec se vloží samotná výplň otvoru na určené místo. Příčky se vkládají velmi snadno, jelikož se jedná o samostatnou konstrukci, které byla při řešení návazností s okolními konstrukcemi přidělena vhodná priorita. Vnitřní dveře jsou do příček vkládány libovolně výběrem z předdefinovaných knihovnických prvků. Stejně tak jsou vkládány i zařizovací předměty. Tento postup modelování byl přizpůsoben softwaru Archicad 21 pro BIM modelování a odvíjí se od algoritmu, který je používán pro řešení kolizí jednotlivých prvků na základě přiřazení priority jednotlivým materiálům. Postup modelování vychází rovněž z funkce operace s tělesy, která je ve vysoké míře uplatněna u modulů se šikmou střechou. Výše popsaný postup modelování objektů vycházející z navrženého systémového řešení modulární výstavby výrazně zkracuje časovou náročnost a pracnost tvorby projektové dokumentace ve všech jejích stupních. V *příloze 9* jsou vyobrazeny vybrané varianty modulů pro skladbu modulárního objektu.



9 NÁVRH TYPOVÉHO MODULÁRNÍHO OBJEKTU

Pro demonstraci funkčního řešení konstrukčního návrhu montovaných objektů z prostorových jednotek byl navržen kompletní typový modulární objekt. Zvoleným typem navrženého modulárního objektu je rodinný dům. Počet rodinných domů stavěných modulární technologií je v České republice prozatím velmi malý. Přitom má technologie modulární výstavby z kapacitních a ekonomických důvodů význam především u staveb menšího rozsahu, jako jsou právě rodinné domy. Navržený konstrukční systém od samého počátku směřoval tímto směrem, a byl tomu do jisté míry uzpůsoben. Po menších úpravách by bylo možné systém aplikovat i na jiné nízkopodlažní objekty různých účelů. Příklady těchto objektů jsou uvedeny v první kapitole této práce. Objekt rodinného domu byl navržen včetně koncepce systémů technického zařízení budov a vnitřního vybavení nábytkem. Výkresová dokumentace tvoří *přílohu 10*. Nejedná se však o žádný specifický stupeň projektové dokumentace dle legislativních předpisů, nýbrž o názornou demonstraci celkového architektonicko-stavebního řešení. Poté bylo provedeno hodnocení energetické náročnosti objektu ve vlastních souborech Excel na základě platných legislativních předpisů. Výpočet parametrů pro vyhodnocení energetické náročnosti objektu a vlivu jeho provozu na vnější prostředí je uveden v *přílohách 7 a 8*.

9.1 ARCHITEKTONICKÝ NÁVRH

Architektonický návrh vychází ze subjektivně stanovených požadavků jednoho nadzemního a jednoho podkrovního podlaží se třemi ložnicemi, prostorným obývacím pokojem s jídelnou a kuchyňským koutem pocitově propojeným s exteriérem, dvěma koupelnami a dostatkem úložného prostoru.

9.1.1 VNĚJŠÍ VZHLED

Objekt rodinného domu byl navržen kombinací osmi prostorových jednotek. Schéma primární nosné konstrukce již bylo představeno na obrázku číslo 7. I přesto, že je objekt poskládan z modulů, působí kompaktním dojmem s celistvou fasádou tvořenu přírodním dřevěným obkladem. Dřevěné rámy oken nejsou z vnějšího pohledu viditelné. V osově nesymetrické sedlové střeše se sklonem 30° se v delší rovině nacházejí čtyři střešní okna náležící podkrovním pokojům. Nad okny mohou být umístěny fotovoltaické panely pro využití slunečního záření jako obnovitelného zdroje energie a pro snížení potřeby primární energie. V obývacím pokoji s převládající jižní orientací se nachází rozměrný HS portál se vstupem na vnější terasu. Nad svislými prosklenými plochami s jižní orientací je instalován slunolam s fixními natočenými lamelami pro snížení pasivních tepelných solárních zisků v letním období, kdy je slunce vysoko nad horizontem. Dále jsou okenní otvory doplněny vnějšími screenovými roletami s viditelným kastlíkem. Ze severní strany působí objekt uzavřeně a nachází se zde pouze vstupní dveře a malá okna do koupelen umístěná ve výšce zaručující soukromí. Navržený tvar objektu vyniká dobrým objemovým faktorem, který se pozitivně podepisuje na tepelných ztrátách

prostupem tepla obálkou budovy. Zastavěná plocha činí 84,19 m² při půdorysných rozměrech 10,51 x 8,01 m. Celková podlahová plocha přitom dosahuje 139,51 m².



Obrázek 35: Vnější vzhled objektu - jihovýchodní pohled



Obrázek 36: Vnější vzhled objektu - severozápadní pohled

9.1.2 DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ

Dispozičně je objekt rozdělen na aktivní zónu v prvním podlaží a klidovou zónu v druhém podlaží, které jsou vzájemně propojeny komunikačním prostorem schodiště. V prvním podlaží se nachází vstupní prostor se schodištěm a dvěma interiérovými dveřmi. Jedny vedou do provozní koupelny s toaletou, sprchovým koutem, umyvadlem, topným žebříkem a pračkou a druhé do velkorysého obytného prostoru s obývacím pokojem spojeným s jídelnou a kuchyňským koutem. Z tohoto prostoru je řešen vstup do malé technické místnosti, kde se bude nacházet vzduchotechnická jednotka, integrovaný zásobník tepla s průtokovým ohřevem teplé užitkové vody a propojení vnitřních a vnějších rozvodných sítí s příslušnými armaturami a pojistkovou skříní. Kuchyňský kout obsahuje lednici, mikrovlnou a teplovzdušnou troubu, myčku na nádobí, dřez a indukční varnou desku integrovanou v kuchyňské lince doplněnou o odsavač par s uhlíkovým filtrem a cirkulačním provozem. V obývacím prostoru se nachází rozkládací jídelní stůl s židlemi, knihovna, modulární sedací souprava doplněná o odkládací stůl a samostatné křeslo.



Obrázek 37: Dispoziční řešení – 1.NP

Přístup do druhého nadzemního patra je umožněn po schodišti ze vstupního prostoru. Nad schodištěm se nachází objemná vestavěná skříň a dveře do tří pokojů a koupelny. V druhé koupelně se nachází toaleta, vana, umyvadlo a topný žebřík. Využití pokojů není striktně stanoveno. Základem je ale ložnice s manželskou postelí doplněná o komody, šatní skříň a univerzální stůl. Zbylé dva pokoje mohou být určeny pro děti, pro hosty či jako pracovna.



Obrázek 38: Dispoziční řešení – 2.NP

9.2 KONCEPCE SYSTÉMU TZB

V průběhu celého návrhu bylo dbáno na jednoduchost a funkčnost celého systému s ohledem na kvalitu vnitřního prostředí. To platí i pro návrh systémů technického zařízení budov. Pro snížení environmentálního dopadu objektu byla navržena doplňková opatření, která mohou být aplikována v závislosti na plánovaném provozu objektu.

9.2.1 ROZVODY TZB

Objekt je připojen na veřejnou kanalizační síť, vodovodní řad a elektrickou rozvodnou třífázovou soustavu nízkého napětí. Přípojky jsou vytaženy nad úroveň terénu v místě, nad kterým se bude nacházet technická místnost objektu. Vnitřní a vnější rozvody budou propojeny a prostupy utěsněny a doplněny manžetami. Rozvody nad terénem budou izolovány tepelnou izolací až do nezámrzné hloubky a doplněny systémem samoregulačního topného kabelu WAT jako pojistného řešení proti zamrznutí přívodu vody.

9.2.2 VYTÁPĚNÍ

Pro vytápění objektu s měrnou potřebou tepla na úrovni pasivního domu byl navržen komfortní systém vytápění stropními topnými fóliemi zakrytými sádrovláknitými deskami podhledu. Vytápění elektrickou energií se může zdát na první pohled neekonomické a nešetrné k životnímu prostředí. To jistě platí pro energeticky náročné objekty. Relativně nové tendence pasivní výstavby však navržené řešení vytápění stropními topnými fóliemi umožňují, toto řešení je také výhodné z ekonomického i technického hlediska. Posuzování environmentálního dopadu je do značné míry ovlivněno politickými faktory a nezohledňuje vzrůstající objem elektrické energie ve veřejné síti získávaný z obnovitelných zdrojů energie. Nepříznivý faktor přeměny primární energie pro elektřinu pak zbytečně degraduje vhodné technické řešení. Pro pasivní dům s lehkou konstrukcí, a tudíž nízkou tepelnou kapacitou, je důležitá flexibilita celého systému vytápění zohledňující aktuální vnitřní a solární tepelné zisky. Proto nejsou zcela vhodné hydraulické systémy, které se vyznačují dlouhým náběhem a dlouhým chladnutím topné vody. Topné stropní fólie fungují na principu sálání. Nejprve se od nich vedením tepla ohřejí sádrovláknité desky podhledu, které poté vyzařují tepelnou energii a ohřívají jednotlivé povrchy konstrukcí a vnitřního vybavení. Od těchto předmětů a konstrukcí je ohříván vzduch v místnosti. Stejně tak je ohřívána i lidská pokožka, proto je pro dosažení tepelného komfortu v místnosti potřeba nižší teplota vzduchu o přibližně 2 °C, což se podepíše na skutečné spotřebě energie na vytápění. Ve výpočtech energetické náročnosti ale byla uvažována normová návrhová teplota vnitřního vzduchu bez snížení. Převládající sálavá složka je nejpřirozenějším způsobem sdílení tepelné energie, neboť na stejném principu je ohřívána celá planeta Země od Slunce. Vytápěním plošnými rovnoměrně rozmístěnými fóliemi je dosaženo rovnoměrného rozložení teplot vzduchu v místnosti. Navíc na rozdíl od podlahového vytápění vzduch v místnosti neproudí a nezvedá prach z podlahy. Regulace výkonu je řízena pomocí prostorových termostatů, případně prostřednictvím ekvitermní regulace. Vhodnými topnými fóliemi pro stropní

vytápění jsou například fólie ECOFILM C ve sníženém výkonu 100 W/m^2 určené pro nízkoenergetické a pasivní domy.

9.2.3 VĚTRÁNÍ

Pro zvýšení komfortu užívání objektu, zvýšení kvality vnitřního vzduchu a snížení tepelných ztrát větráním, byl navržen centrální systém nuceného větrání s rekuperací. Centrem navržené soustavy je kompaktní vzduchotechnická jednotka, například ATREA DUPLEX Easy 300 s maximální účinností zpětného získávání tepla až 93 %, umístěná v technické místnosti v prvním nadzemním podlaží. Přívod čerstvého vzduchu je z východní fasády objektu a odvodní potrubí je vyvedeno nad střešní plášť. Distribuce čerstvého vzduchu do obytných místností je zajištěna potrubím Spiro vedeným pod stropem v komunikačním prostoru prvního a druhého podlaží. Do jednotlivých pokojů je potrubí zaústěno přes sádrovláknité přčky a opatřeno výústkou s mřížkou. Vzduchotechnické potrubí mezi jednotlivými pokoji bude doplněno o přeslechové tlumiče hluku. Odtah vnitřního vzduchu je umístěn v koupelnách na obou podlažích a v technické místnosti. Dveře do koupelny a technické místnosti proto budou podříznuty nebo opatřeny větrací mřížkou ve spodní části dveřního křídla. Varná deska v kuchyňském koutu bude doplněna o odsavač par s cirkulačním provozem pro zachycení mastnoty vznikající při přípravě pokrmů.

9.2.4 PŘÍPRAVA TV

Příprava teplé vody je zajištěna průtokovým ohřevem spirálovým nerezovým výměníkem v integrovaném zásobníku tepla. Průtokový způsob ohřevu má pozitivní dopad na kvalitu teplé užitkové vody a snižuje potenciální riziko nákazy vlivem růstu bakterií Legionelly Pneumophylis. V nerezovém výměníku se totiž nachází daleko menší objem vody než v klasickém zásobníku teplé vody a výměna kompletního množství vody tedy probíhá daleko rychleji. Teplá užitková voda je spolehlivě oddělena od topné vody v zásobníku, jehož životnost je zvýšena tím, že jeho plášť není vystaven okysličené přívodní pitné vodě a má svou stálou náplň. V zásobníku proto také může dojít k poklesu teploty topné vody pod 55 °C bez rizika nákazy. Užitková voda má po průchodu výměníkem teplotu, která se blíží teplotě topné vody v zásobníku. Topná voda je ohřívána elektrickými topnými patronami v integrovaném zásobníku tepla. Zásobník tepla s větším objemem, než by měl zásobník teplé užitkové vody, přináší potenciálně větší tepelné ztráty. Ty jsou však kompenzovány kvalitní tepelnou izolací zásobníku. Zásobník tepla dokáže pracovat s výrazně větším rozsahem teplot než klasický bojler a umožňuje připojit více zdrojů tepla v závislosti na typu. Ohřev vody elektrinou není provozně nejekonomičtější a nejekologičtější variantou. Při započtení počátečních nákladů a zohlednění jednoduchosti provozu se získáním výhodnějšího tarifu od dodavatele elektrické energie, je toto řešení vhodnou alternativou. Vhodným zásobníkem je například ATREA IZT-U-T 300.

9.2.5 HOSPODAŘENÍ S VODOU

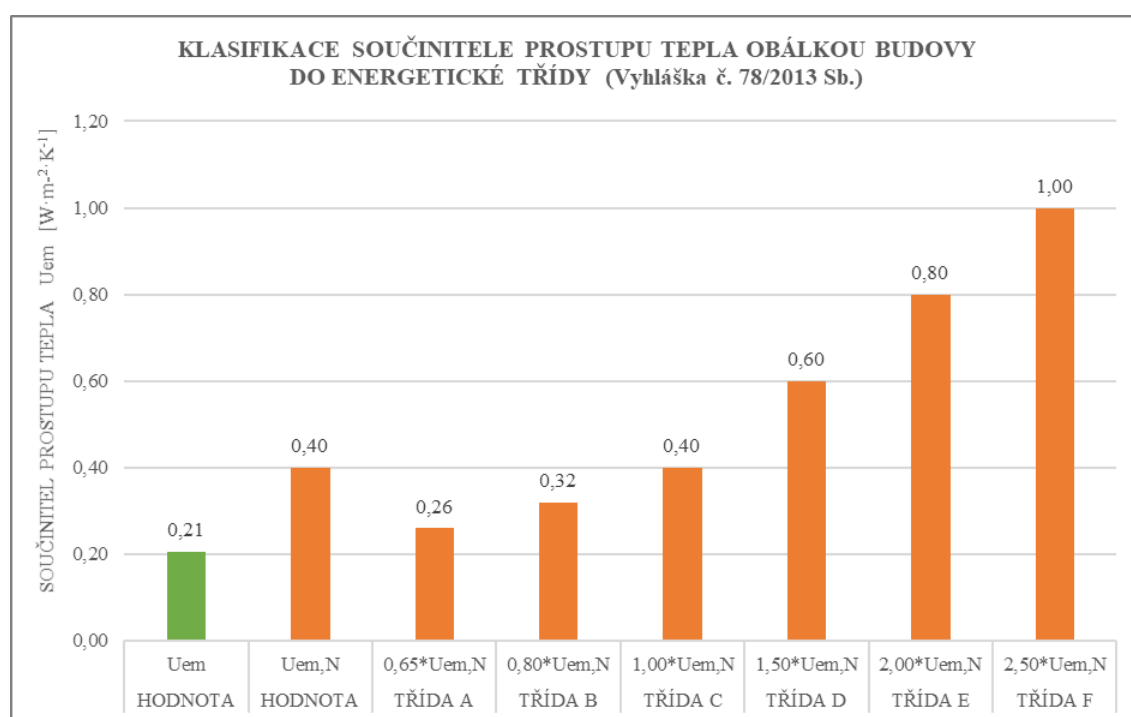
Pro snížení potřeby vody z veřejné sítě bude na pozemku umístěna podzemní akumulární nádrž na dešťovou vodu pro zavlažování zahrady a potenciálem k využití pro splachování toalet za podmínky vybudování sekundárního rozvodu vody uvnitř objektu.

9.2.6 VYUŽITÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE

S ohledem na environmentální dopad provozu objektu byl navržen solární fotovoltaický systém, který snižuje spotřebu elektrické energie ze sítě a z hlediska hodnocení budovy snižuje korekční faktor energetické přeměny potřebu primární energie. Navržený solární systém se skládá z polykrystalických křemíkových fotovoltaických panelů, měniče napětí a solárního regulátoru nebo MPPT měniče. Také je možné systém doplnit o bateriové uložení s využitím moderních technologií jako například baterie české výroby HE3DA. Získaná elektrická energie bude primárně určena na pokrytí spotřeby elektrických zařízení a spotřebičů s aktuálním provozem, jako jsou vzduchotechnická jednotka, osvětlení, vytápění a domácí spotřebiče. Přebytek elektrické energie je ukládán v podobě tepla do akumulární nádrže.

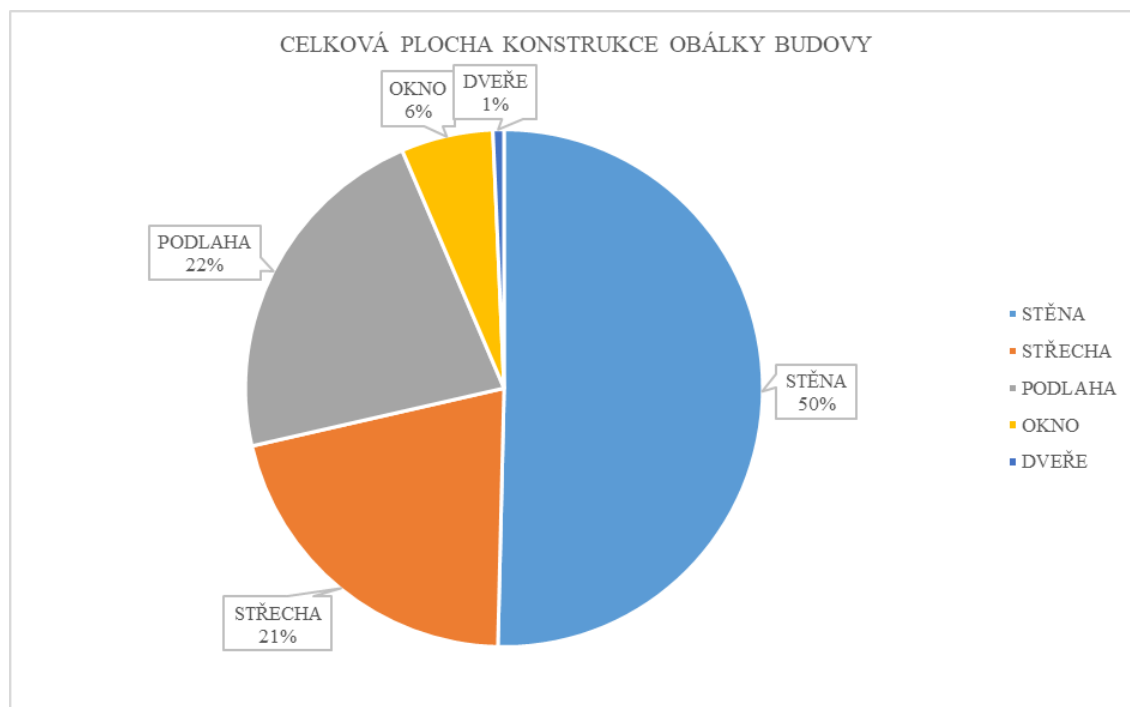
9.3 ENERGETICKÁ NÁROČNOST OBJEKTU

Navržený objekt byl energeticky posouzen pomocí vlastních souborů Excel jejichž algoritmus je založen na normových postupech a legislativních předpisech. Výpočet potřeby tepla na vytápění a potřeby primární energie objektu je přiložen v *přílohách 7 a 8*. Zde se nachází přehled dílčích výsledků výpočtu.

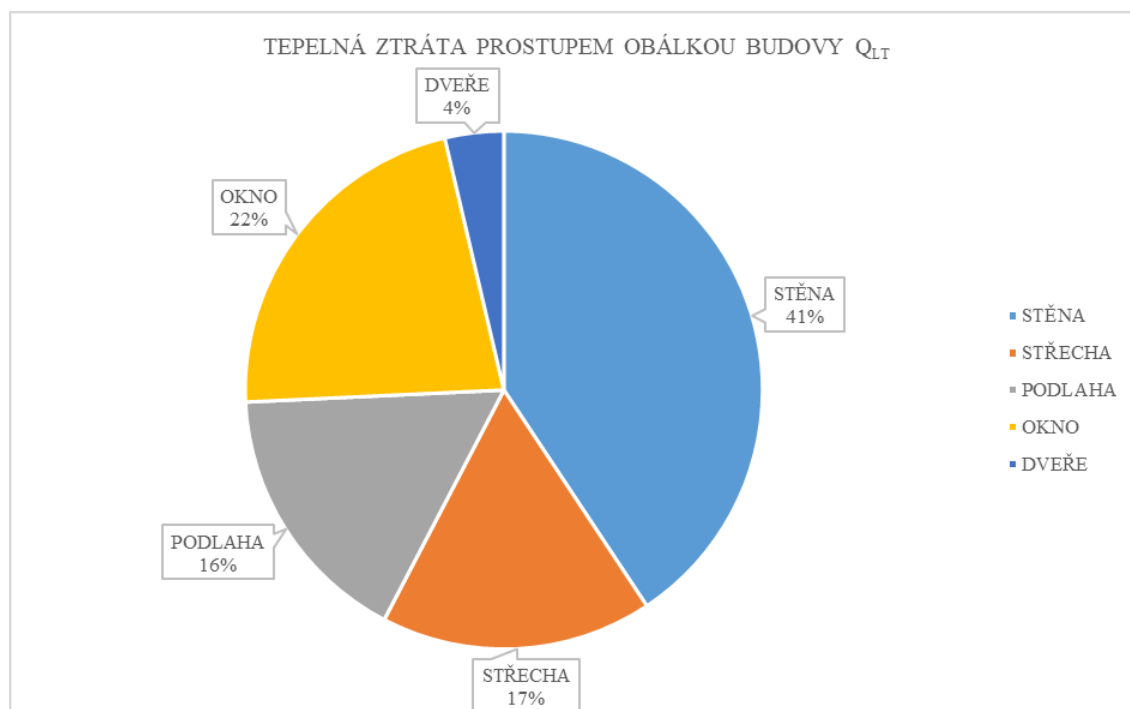


Obrázek 39: Klasifikace součinitele prostupu tepla obálkou budovy

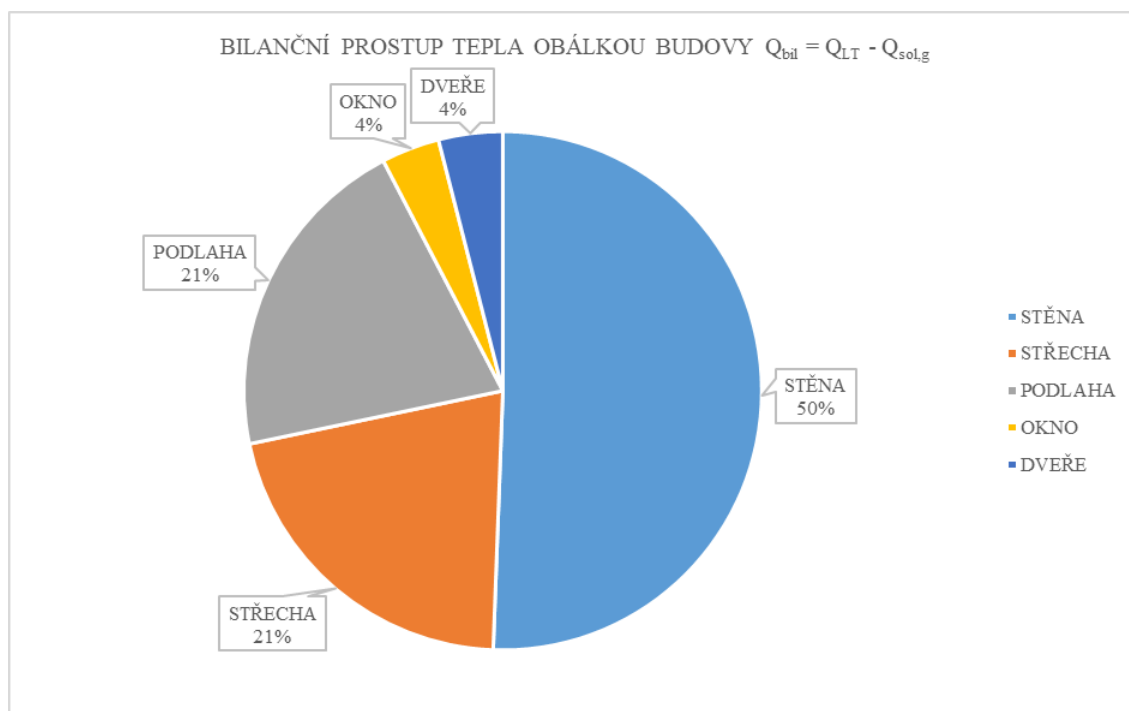
Obálka budovy je klasifikovaná energetickou třídou A- mimořádně úsporná a zároveň splňuje požadavek průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy pro pasivní dům, která činí $0,25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$.



Obrázek 40: Dílčí plochy konstrukcí obálky budovy



Obrázek 41: Tepelné ztráty prostupem tepla dílčími konstrukcemi obálky budovy před započtením solárních tepelných zisků okny



Obrázek 42: Tepelné ztráty prostupem tepla dílčími konstrukcemi obálky budovy po započtení solárních tepelných zisků okny

Z grafů je mimo jiné možné vyčíst, že okenní otvory s vhodnou orientací ke světovým stranám nemusí představovat oslabení obálky budovy z pohledu tepelných toků dílčími konstrukcemi po zohlednění solárních zisků.

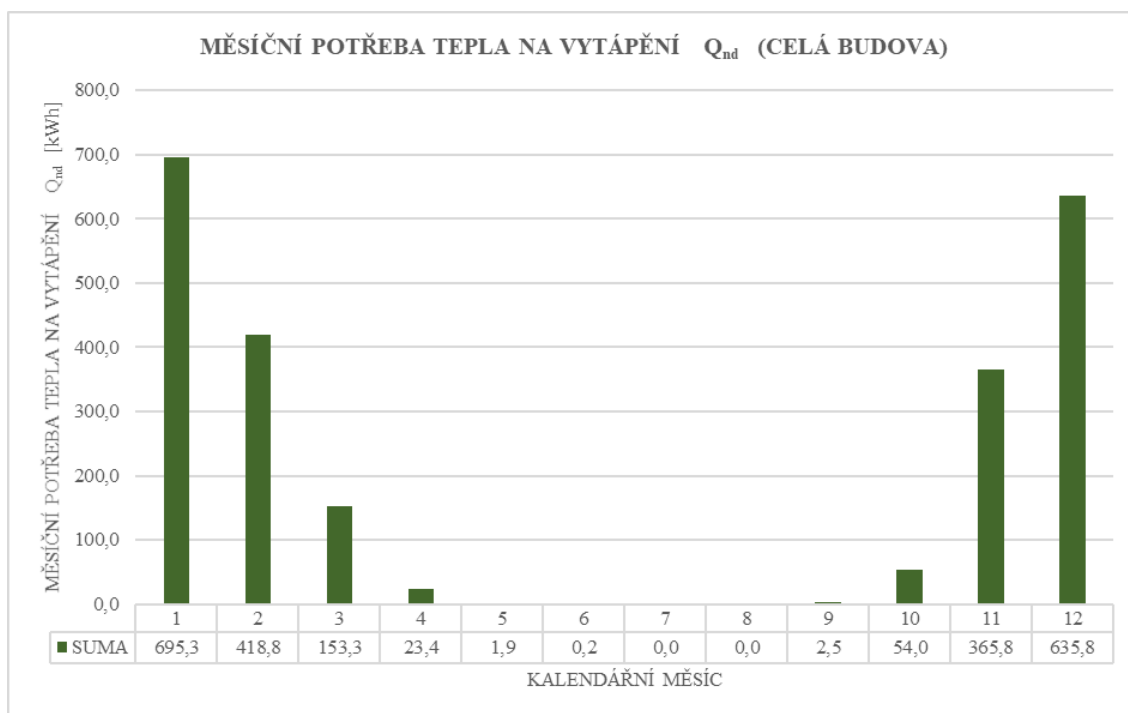
Tabulka 7: Měrná potřeba tepla na vytápění

PODLAŽÍ	MĚRNÁ POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ E_A [kWh·m ⁻²] (Zákon č.406/2000 sb. - energeticky vztáhná plocha)											
	LEDEN	ÚNOR	BŘEZEN	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ	ŘÍJEN	LISTOPAD	PROSINEC
	$E_{A,1}$	$E_{A,2}$	$E_{A,3}$	$E_{A,4}$	$E_{A,5}$	$E_{A,6}$	$E_{A,7}$	$E_{A,8}$	$E_{A,9}$	$E_{A,10}$	$E_{A,11}$	$E_{A,12}$
SUMA	4,13	2,49	0,91	0,14	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,32	2,17	3,78
	ROK E_A [kWh·m ⁻²]											
	13,96											

Navržený objekt rodinného domu splňuje požadavek měrné potřeby tepla na vytápění pro pasivní dům, která činí 15 kWh·m⁻²·rok⁻¹.

Tabulka 8: Potřeba tepla na vytápění

PODLAŽÍ	POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ Q_{nd} [kWh]											
	LEDEN	ÚNOR	BŘEZEN	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ	ŘÍJEN	LISTOPAD	PROSINEC
	$Q_{nd,1}$	$Q_{nd,2}$	$Q_{nd,3}$	$Q_{nd,4}$	$Q_{nd,5}$	$Q_{nd,6}$	$Q_{nd,7}$	$Q_{nd,8}$	$Q_{nd,9}$	$Q_{nd,10}$	$Q_{nd,11}$	$Q_{nd,12}$
SUMA	695,3	418,8	153,3	23,4	1,9	0,2	0,0	0,0	2,5	54,0	365,8	635,8
	ROK Q_{nd} [kWh]											
	2351,1											



Obrázek 43: Měsíční potřeba tepla na vytápění

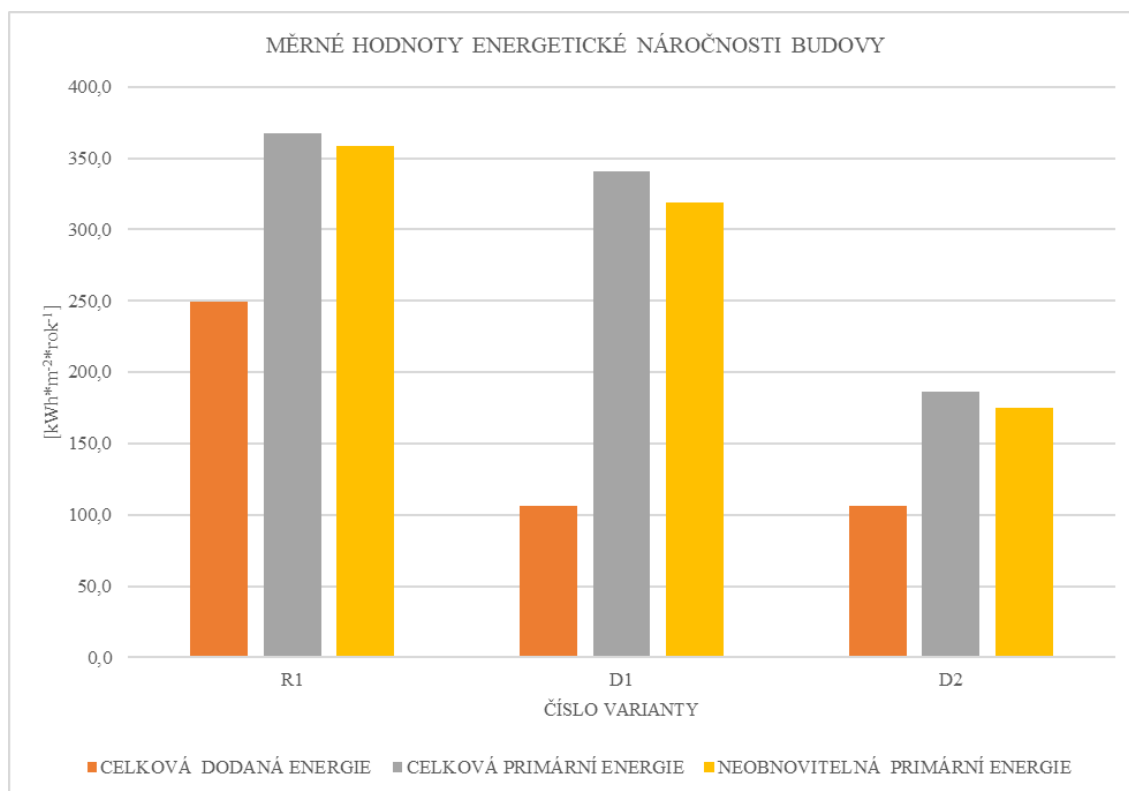
Výpočet potřeby celkově dodané energie a primární energie byl proveden pro tři varianty. První variantou je referenční budova (R1), druhou variantou je návrh bez fotovoltaických panelů (D1) a třetí variantou je navržený objekt včetně fotovoltaických panelů (D2) jako opatření pro snížení potřeby primární energie a dopadu na životní prostředí, která je z environmentálního hlediska preferovaná.

Tabulka 9: Dílčí dodané energie

ČÍSLO VARIANTY	DÍLČÍ DODANÉ ENERGIE Q_{nd}					
	HODNOTY PRO CELOU BUDOVU					
	VYTÁPĚNÍ [MWh*rok ⁻¹]	CHLAZENÍ [MWh*rok ⁻¹]	VĚTRÁNÍ [MWh*rok ⁻¹]	ÚPRAVA VLHKOSTI [MWh*rok ⁻¹]	TEPLÁ VODA [MWh*rok ⁻¹]	OSVĚTLENÍ A SPOTŘEBIČE [MWh*rok ⁻¹]
R1	14,4	0,0	0,4	0,0	2,9	3,2
D1	2,4	0,0	0,4	0,0	2,9	3,2
D2	2,4	0,0	0,4	0,0	2,9	3,2

Tabulka 10: Energetická náročnost budovy

ČÍSLO VARIANTY	ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY					
	MĚRNÉ HODNOTY			HODNOTY PRO CELOU BUDOVU		
	CELKOVÁ DODANÁ ENERGIE [kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]	CELKOVÁ PRIMÁRNÍ ENERGIE [kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]	NEOBNOVITELNÁ PRIMÁRNÍ ENERGIE [kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]	CELKOVÁ DODANÁ ENERGIE [MWh*rok ⁻¹]	CELKOVÁ PRIMÁRNÍ ENERGIE [MWh*rok ⁻¹]	NEOBNOVITELNÁ PRIMÁRNÍ ENERGIE [MWh*rok ⁻¹]
R1	249,2	367,4	358,5	21,0	30,9	30,2
D1	106,4	340,4	319,2	9,0	28,7	26,9
D2	106,4	186,3	174,7	9,0	15,7	14,7



Obrázek 44: Měrné hodnoty energetické náročnosti budovy

Tabulka 11: Vyhodnocení energetické náročnosti budovy

ČÍSLO VARIANTY	VYHODNOCENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY dle vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov			
	CELKOVÁ DODANÁ ENERGIE (ER=249,2)		NEOBNOVITELNÁ PRIMÁRNÍ ENERGIE (ER=358,5)	
	KLASIFIKAČNÍ TŘÍDA	SLOVNÍ VYJÁDŘENÍ KLASIFIKAČNÍ TŘÍDY	KLASIFIKAČNÍ TŘÍDA	SLOVNÍ VYJÁDŘENÍ KLASIFIKAČNÍ TŘÍDY
R1	C	Úsporná	C	Úsporná
D1	A	Mimořádně úsporná	C	Úsporná
D2	A	Mimořádně úsporná	A	Mimořádně úsporná

Tabulka 12: Ukazatele energetické náročnosti budovy

ČÍSLO VARIANTY	UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY dle vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov						
	OBÁLKA BUDOVY (Ur=0,4)	VYTÁPĚNÍ (ER=171,6)	CHLAZENÍ (ER=0,0)	VĚTRÁNÍ (ER=5,2)	ÚPRAVA VLHKOSTI (ER=0,0)	TEPLÁ VODA (ER=34,4)	OSVĚTLENÍ A SPOTŘEBIČE (ER=38,0)
R1	D	C		C		C	C
D1	A	A		C		C	C
D2	A	A		C		C	C

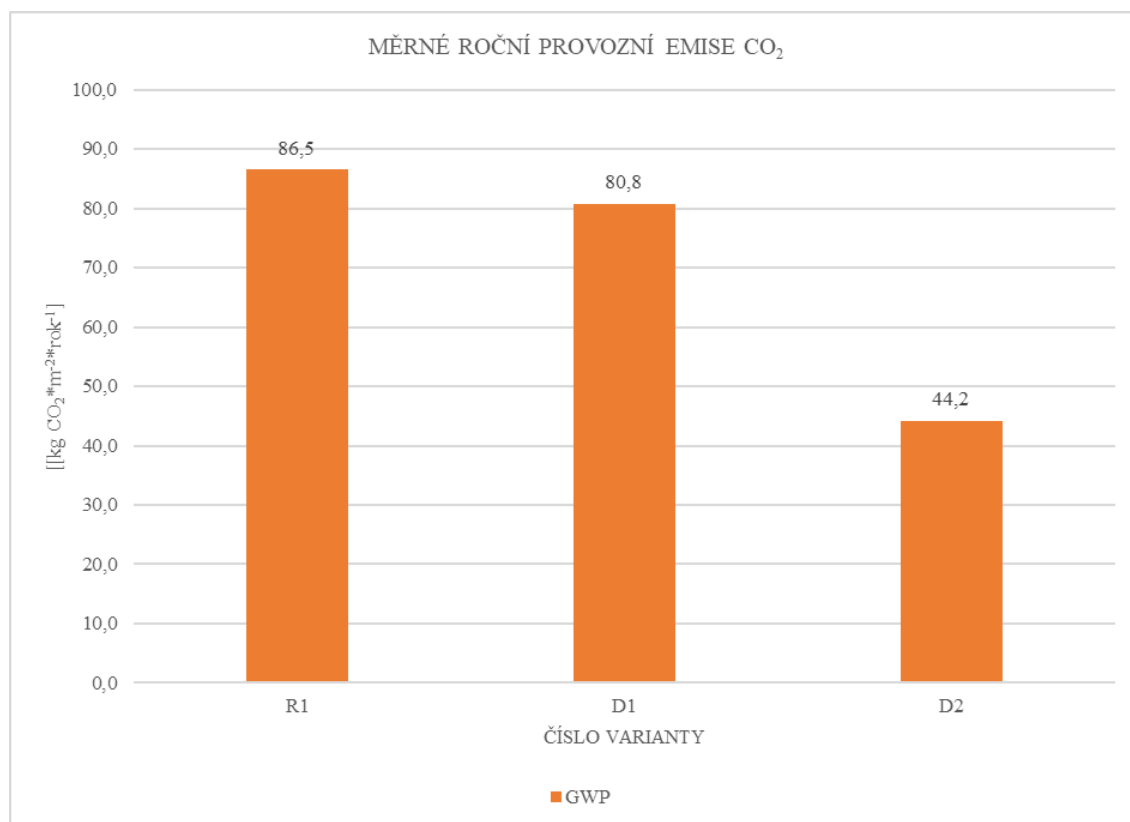
Navržená varianta D2 je z pohledu celkově dodané energie i neobnovitelné primární energie klasifikována energetickou třídou A- mimořádně úsporná.

Pro snížení energetické náročnosti a environmentálního dopadu objektu byla navržena konstrukční a technologická řešení na úrovni pasivního domu. I přes velmi nízkou potřebu celkové dodané energie a využití obnovitelného zdroje solární energie, však vlivem faktoru přeměny primární energie nebyl splněn požadavek měrné potřeby primární energie pro pasivní domy $120 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$. Přesto je objekt energeticky velmi úsporný a šetrný k životnímu prostředí.

Nakonec bylo provedeno hodnocení potenciálu globálního oteplování, které je vyjádřené provozními emisemi oxidu uhličitého CO_2 .

Tabulka 13: Roční provozní emise CO_2

ČÍSLO VARIANTY	ROČNÍ PROVOZNÍ EMISE CO_2					
	VYTÁPĚNÍ	CHLAZENÍ	VĚTRÁNÍ	ÚPRAVA VLHKOSTI	TEPLÁ VODA	OSVĚTLENÍ A SPOTŘEBIČE
	$[\text{kg CO}_{2,\text{ekv.}} \cdot \text{rok}^{-1}]$	$[\text{kg CO}_{2,\text{ekv.}} \cdot \text{rok}^{-1}]$	$[\text{kg CO}_{2,\text{ekv.}} \cdot \text{rok}^{-1}]$	$[\text{kg CO}_{2,\text{ekv.}} \cdot \text{rok}^{-1}]$	$[\text{kg CO}_{2,\text{ekv.}} \cdot \text{rok}^{-1}]$	$[\text{kg CO}_{2,\text{ekv.}} \cdot \text{rok}^{-1}]$
R1	3773,4	0,0	332,7	0,0	746,8	2430,7
D1	1838,9	0,0	332,7	0,0	2200,7	2430,7
D2	1380,3	0,0	0,0	0,0	1362,8	980,1



Obrázek 45: Měrné roční provozní emise CO_2

ZÁVĚR

Prostřednictvím návrhu vlastního konstrukčního systému byla prezentována možná variabilita modulární architektury a potenciál jejího uplatnění. Návrh byl primárně zaměřen na nízkopodlažní nízkoenergetické objekty malého rozsahu určené pro bydlení. Tomu byla také uzpůsobena konstrukční a technologická řešení. Komplexním přístupem byly nejprve definovány cíle návrhu výsledného objektu, kterými byly zdravé vnitřní prostředí, nízká energetická náročnost na úrovni pasivního domu a architektonická variabilita. Poté bylo přistoupeno k návrhu dílčích komponent systému. Pro maximální názornost prezentace navržených řešení byl zvolen program Archicad pro BIM modelování, jehož výstupy se vyskytují napříč touto prací.

Vhodnou materiálovou kombinací dřeva a ocele vznikla hybridní nosná konstrukce využívající výhodných vlastností obou materiálů. Předběžným statickým posouzením navržených prvků primární nosné konstrukce z ocelových válcovaných profilů byla ověřena kritéria mezního stavu únosnosti a použitelnosti. Dřevěné prvky sekundární nosné konstrukce byly rovněž podrobeny statickému výpočtu ve vlastních výpočetních souborech Excel a vyhovují.

Předmětem návrhu bylo hledání optimálních konstrukčních a technologických řešení pro zajištění maximální funkčnosti systému. Obsahem práce je podrobný popis navržených řešení s odůvodněním dané volby. Mnohé poznatky lze aplikovat i u jiných lehkých montovaných konstrukčních systémech. Obalové konstrukce byly navrženy tak, že splňují doporučené hodnoty součinitelů prostupu tepla pro pasivní domy a nedochází v nich ke kondenzaci vodních par.

Návrhem modulárního rodinného domu bylo prokázáno variantní architektonické řešení skladby prostorových jednotek a variabilita vnitřních dispozic. Objekt byl vymodelován v programu Archicad v souladu s předpokládaným postupem založeným na kombinaci předem vymodelovaných variant vzájemně kompatibilních modulů. Tím byl ověřen předpoklad zjednodušení architektonického návrhu použitím systémového řešení.

Objekt rodinného domu byl navržen jako kompletně zařízený včetně systémů technického zařízení budov. Poté byl podroben detailnímu hodnocení energetické náročnosti budovy, od průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy, po potřebu primární energie. Bylo zjištěno, že obálka budovy i měrná roční potřeba tepla na vytápění vyhovují hodnotám pasivního standardu, čímž byl splněn počáteční cíl. Na splnění požadavku se podílí jak vhodné konstrukční řešení a orientace budovy, tak i návrh nuceného větrání s rekuperací, bez čehož by nebylo možné takto nízké hodnoty dosáhnout. Pro snížení potřeby primární energie a dopadu budovy na vnější prostředí, byl navržen solární systém s fotovoltaickými panely umístěnými na střeše objektu.

Z popsaného řešení je vidět, že se finální objekt v provozní fázi nijak zásadně neliší od typické pasivní dřevostavby. Jeho nespornou výhodou ale zůstává modulární technologie, díky které může být snadno navržen, vyroben ve formě modulů mimo staveniště a v případě potřeby také rozebrán a znovu použit. Životní cyklus objektu tedy není napevno svázán s jedním pozemkem.

Pro uplatnění kompletního navrženého systému v praxi by bylo potřebné nejprve podrobit prostorovou konstrukci detailní statické analýze ve specializovaném softwaru a demonstrovat všechny možné nepříznivé zatěžovací stavy. Dalším předpokladem je provedení a posouzení rizikové analýzy a ekonomického rozboru na základě odhadu pracnosti dílčích úkonů výroby a jejich ocenění směrnými cenami. Poté je možné nejprve nechat vyrobit prototyp konstrukce prostorové jednotky, na kterém by byla ověřena technická proveditelnost a kvalita výroby. Prototyp konstrukce modulu by byl testován v reálném prostředí a skutečné velikosti. Po zohlednění poznatků z testování a provedení případné korekce návrhu, by mohly být vyrobeny moduly pro kompletní objekt, který by byl podrobně zkoumán ve výrobní i provozní fázi. Na základě zkušenosti z první realizace, by bylo rozhodnuto o dalším osudu celého projektu.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] LAWSON, Mark., Raymond. OGDEN a Chris I. GOODIER. *Design in modular construction*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2014. ISBN 978-0-415-55450-3.
- [2] KNAACK, Ulrich., Sharon. CHUNG-KLATTE a Reinhard. HASSELBACH. *Prefabricated systems: principles of construction*. London: Springer [distributor], 2009. ISBN 978-3-7643-8747-1.
- [3] KOUT, Jiří. *I KOMA Module: historie vzniku a současné tendence modulární architektury*. Praha: České vysoké učení technické, c2012. ISBN 978-80-01-05110-8.
- [4] ELIÁŠOVÁ, Martina a Zdeněk SOKOL. *Ocelové konstrukce 1: Příklady*. 3. vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2013. ISBN 978-80-01-05214-3.
- [5] ELIÁŠOVÁ, Martina, Jakub DOLEJŠ, Karel MIKEŠ a Zdeněk SOKOL. *Ocelové konstrukce 3: Příklady*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2010. ISBN 978-80-01-04516-9.
- [6] STUDNIČKA, Jiří. *OCELOVÉ KONSTRUKCE: Normy*. 2. vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014. ISBN 978-80-01-05489-5.
- [7] STUDNIČKA, Jiří. *NAVRHOVÁNÍ NOSNÝCH KONSTRUKCÍ: Ocelové konstrukce*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014. ISBN 978-80-01-05490-1.
- [8] SOKOL, Zdeněk a František WALD. *OCELOVÉ KONSTRUKCE: Tabulky*. 1. dotisk 2. přepracovaného vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2012. ISBN 978-80-01-04655-5.
- [9] KUKLÍK, Petr, Anna KUKLÍKOVÁ a Karel MIKEŠ. *DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE 1: Cvičení*. 2. vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2013. ISBN 978-80-01-05227-3.
- [10] REMEŠ, Josef, Ivana UTÍKALOVÁ a Petr KACÁLEK. *STAVEBNÍ PŘÍRUČKA: To nejdůležitější z norem, vyhlášek a zákonů*. 2., aktualizované vydání. Praha: Grada Publishing, 2014. ISBN 978-80-247-5142-9.
- [11] ČSN 73 0540-2: *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. 2011. Praha: ÚNMZ.
- [12] ČSN 73 0540-2 Z1: *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. Změna Z1*. 2012. Praha: ÚNMZ.
- [13] ČSN 73 0540-3: *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. 2005. Praha: ČNI.
- [14] ČSN 73 0540-4: *Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody*. 2005. Praha: ČNI.
- [15] Vyhláška č. 78/2013 Sb.: *Vyhláška o energetické náročnosti budov*. In: Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-78>



- [16] *Stavebniny DEK* [online]. [cit. 2017-11-25]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/>
- [17] *Steico* [online]. [cit. 2017-11-25]. Dostupné z: <http://www.steico.com/cz/>
- [18] *Fermacell* [online]. [cit. 2017-11-25]. Dostupné z: <https://www.fermacell.cz/>
- [19] *Isover* [online]. [cit. 2017-11-25]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/>
- [20] *Atrea* [online]. [cit. 2017-12-14]. Dostupné z: <http://www.atrea.cz/>
- [21] *Fenix* [online]. [cit. 2017-12-14]. Dostupné z: <http://www.fenixgroup.cz/cs>
- [22] *Slavona* [online]. [cit. 2017-12-10]. Dostupné z: <http://www.slavona.cz/>



SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Skladba vnější stěny a její tepelně-technické vyhodnocení.....	40
Tabulka 2: Skladba šikmé střechy a její tepelně-technické vyhodnocení	42
Tabulka 3: Skladba podlahy nad terénem a její tepelně-technické vyhodnocení	43
Tabulka 4: Skladba příčky 100 mm a její tepelně-technické vyhodnocení	52
Tabulka 5: Skladba příčky 150 mm a její tepelně-technické vyhodnocení	52
Tabulka 6: Skladba vnitřního stropu a její tepelně-technické vyhodnocení	53
Tabulka 7: Měrná potřeba tepla na vytápění	70
Tabulka 8: Potřeba tepla na vytápění.....	70
Tabulka 9: Dílčí dodané energie	71
Tabulka 10: Energetická náročnost budovy.....	71
Tabulka 11: Vyhodnocení energetické náročnosti budovy.....	72
Tabulka 12: Ukazatele energetické náročnosti budovy	72
Tabulka 13: Roční provozní emise CO ₂	73



SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Primární nosná konstrukce - varianta 1	25
Obrázek 2: Primární nosná konstrukce - varianta 2	26
Obrázek 3: Primární nosná konstrukce - varianta 3	26
Obrázek 4: Primární nosná konstrukce - varianta 4	27
Obrázek 5: Varianty spojovacích desek	28
Obrázek 6: Schéma spojení modulů	28
Obrázek 7: Kombinace tvarových variant primární nosné konstrukce	29
Obrázek 8: Detail uložení podlahového trámu	31
Obrázek 9: Schéma skladby podlahy modulu	32
Obrázek 10: Schéma skladby stropní konstrukce modulu	33
Obrázek 11: Schéma části střešní konstrukce se statickou funkcí	34
Obrázek 12: Schéma části konstrukce vnější stěny se statickou funkcí	35
Obrázek 13: Schéma dvouramenného schodiště	36
Obrázek 14: Schéma jednoramenného schodiště	37
Obrázek 15: Skladba vnější stěny s provětrávanou fasádou	40
Obrázek 16: Skladba dvouplášťové střechy	42
Obrázek 17: Schéma základové desky pro založení nad terénem	44
Obrázek 18: Skladba podlahy nad terénem	44
Obrázek 19: Posouzení detailu ve 2D teplotním poli - založení nad terénem	45
Obrázek 20: Posouzení detailu ve 2D teplotním poli – spodní napojení vnější stěny	46
Obrázek 21: Vnitřní a vnější pohled na typické okenní otvory	48
Obrázek 22: Schématický řez francouzským oknem	49
Obrázek 23: Schématický řez oknem s parapetem a nadpražím	49
Obrázek 24: Vnější a vnitřní pohled na střešní okno	50
Obrázek 25: Vnitřní a vnější pohled na vstupní dveře	50
Obrázek 26: Montáž- sekundární nosná konstrukce modulu (vnější pohled)	54
Obrázek 27: Montáž- sekundární nosná konstrukce modulu (vnitřní pohled)	55
Obrázek 28: Montáž- rošt předstěny a podhledu	55
Obrázek 29: Montáž- zateplení předstěny a podhledu	55
Obrázek 30: Montáž- opláštění sádrovláknitými deskami	56
Obrázek 31: Montáž- sádrovláknité příčky	56
Obrázek 32: Montáž- hrubá plovoucí podlaha	56
Obrázek 33: Montáž- čistá podlaha	57
Obrázek 34: Montáž- zařizovací předměty	57
Obrázek 35: Vnější vzhled objektu - jihovýchodní pohled	63
Obrázek 36: Vnější vzhled objektu - severozápadní pohled	63
Obrázek 37: Dispoziční řešení – 1.NP	64
Obrázek 38: Dispoziční řešení – 2.NP	65
Obrázek 39: Klasifikace součinitele prostupu tepla obálkou budovy	68
Obrázek 40: Dílčí plochy konstrukcí obálky budovy	69
Obrázek 41: Tepelné ztráty prostupem tepla dílčími konstrukcemi obálky budovy před započtením solárních tepelných zisků okny	69
Obrázek 42: Tepelné ztráty prostupem tepla dílčími konstrukcemi obálky budovy po započtení solárních tepelných zisků okny	70



Obrázek 43: Měsíční potřeba tepla na vytápění	71
Obrázek 44: Měrné hodnoty energetické náročnosti budovy.....	72
Obrázek 45: Měrné roční provozní emise CO ₂	73



SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA 1 – Výpočet zatížení

PŘÍLOHA 2 – Statické posouzení prvků primární nosné konstrukce

PŘÍLOHA 3 – Statické posouzení prvků sekundární nosné konstrukce

PŘÍLOHA 4 – Výpočet součinitele prostupu tepla plošných konstrukcí

PŘÍLOHA 5 – Vzorový protokol programu Teplo

PŘÍLOHA 6 – Vzorový protokol programu Area

PŘÍLOHA 7 – Výpočet potřeby tepla na vytápění rodinného domu

PŘÍLOHA 8 – Výpočet potřeby primární energie rodinného domu

PŘÍLOHA 9 – Varianty modulů pro architektonický návrh objektu

PŘÍLOHA 10 – Výkresová dokumentace rodinného domu





PŘÍLOHA 1 – Výpočet zatížení

Výpočet zatížení - vodorovné a šikmé plošné konstrukce

Podlahová konstrukce						
Stálé zatížení	obj. tíha [kN/m ³]	tloušťka [mm]	šířka [mm/m]	g _k [kN/m ²]	g _G [-]	g _d [kN/m ²]
Keramická dlažba	20,00	10	1000	0,20	1,35	0,27
Lepidlo na dlažbu	15,00	5	1000	0,08	1,35	0,10
Sádrovláknitá deska	12,00	20	1000	0,24	1,35	0,32
Dřevovláknitá kročejová izolace	2,30	20	1000	0,05	1,35	0,06
OSB deska	6,00	22	1000	0,13	1,35	0,18
Dřevěné podlahové trámy	4,50	180	96	0,08	1,35	0,10
Σ Stálé zatížení				0,77		1,04
Proměnné zatížení				q _k [kN/m ²]	g _Q [-]	q _d [kN/m ²]
Užitné zatížení - kategorie A				1,50	1,50	2,25
Přemístitelné příčky s vl.tíhou < 1kN/m				0,50	1,50	0,75
Σ Proměnné zatížení				2,00		3,00
Celkové zatížení				2,77		4,04

Stropní konstrukce						
Stálé zatížení	obj. tíha [kN/m ³]	tloušťka [mm]	šířka [mm/m]	g _k [kN/m ²]	g _G [-]	g _d [kN/m ²]
Dřevěné stropní trámy	4,50	140	96	0,06	1,35	0,08
OSB deska	6,00	15	1000	0,09	1,35	0,12
Dřevěné latě podhledu	4,50	40	120	0,02	1,35	0,03
Minerální tepelná izolace	0,15	50	1000	0,01	1,35	0,01
Sádrovláknitá deska	12,00	13	1000	0,15	1,35	0,20
Σ Stálé zatížení				0,33		0,44
Proměnné zatížení				q _k [kN/m ²]	g _Q [-]	q _d [kN/m ²]
Užitné zatížení				0,00	1,50	0,00
Σ Proměnné zatížení				0,00		0,00
Celkové zatížení				0,33		0,44



Stropní konstrukce zateplená						
Stálé zatížení	obj. tíha [kN/m ³]	tloušťka [mm]	šířka [mm/m]	g _k [kN/m ²]	g _G [-]	g _d [kN/m ²]
Tepelná izolace	0,50	320	1000	0,16	1,35	0,22
Dřevěné stropní trámy	4,50	140	96	0,06	1,35	0,08
OSB deska	6,00	15	1000	0,09	1,35	0,12
Dřevěné latě podhledu	4,50	40	120	0,02	1,35	0,03
Minerální tepelná izolace	0,15	50	1000	0,01	1,35	0,01
Sádrovláknitá deska	12,00	13	1000	0,15	1,35	0,20
Σ Stálé zatížení				0,49		0,66
Proměnné zatížení				q _k [kN/m ²]	g _Q [-]	q _d [kN/m ²]
Užitné zatížení				0,00	1,50	0,00
Σ Proměnné zatížení				0,00		0,00
Celkové zatížení				0,49		0,66

Střešní konstrukce						
Stálé zatížení	obj. tíha [kN/m ³]	tloušťka [mm]	šířka [mm/m]	g _k [kN/m ²]	g _G [-]	g _d [kN/m ²]
Plechová krytina	78,00	1	1000	0,05	1,35	0,06
OSB deska	6,00	15	1000	0,09	1,35	0,12
Dřevěné kontralatě	4,50	40	96	0,02	1,35	0,02
Dřevovláknitá deska	2,30	24	1000	0,06	1,35	0,07
Dřevěné krokve	4,50	180	96	0,08	1,35	0,10
Tepelná izolace	0,50	180	1000	0,09	1,35	0,12
Σ Stálé zatížení				0,38		0,51
Proměnné zatížení				q _k [kN/m ²]	g _Q [-]	q _d [kN/m ²]
Užitné zatížení				0,00	1,50	0,00
Zatížení sněhem - kategorie III, sklon 30° (s = μ ₁ ·C _e ·C _t ·s _k = 0,8·1·1·1,5)				1,20	1,50	1,80
Σ Proměnné zatížení				1,20		1,80
Celkové zatížení				1,58		2,31



Základová konstrukce						
Stálé zatížení	obj. tíha [kN/m ³]	tloušťka [mm]	šířka [mm/m]	g _k [kN/m ²]	g _G [-]	g _d [kN/m ²]
Tepelná izolace	0,50	180	1000	0,09	1,35	0,12
Dřevěné stropní trámy	4,50	140	96	0,06	1,35	0,08
Cetris deska	14,50	12	1000	0,17	1,35	0,23
Σ Stálé zatížení				0,32		0,44
Proměnné zatížení				q _k [kN/m ²]	g _Q [-]	q _d [kN/m ²]
Užitné zatížení				0,00	1,50	0,00
Σ Proměnné zatížení				0,00		0,00
Celkové zatížení				0,32		0,44



Výpočet zatížení - svislé plošné konstrukce

Příčka 100 mm						
Stálé zatížení	obj. tíha [kN/m ³]	tloušťka [mm]	šířka [mm/m]	g _k [kN/m ²]	g _G [-]	g _d [kN/m ²]
Sádrovláknitá deska	12,00	13	1000	0,15	1,35	0,20
CW profily	78,00	75	3	0,02	1,35	0,02
Tepelná izolace	0,50	75	1000	0,04	1,35	0,05
Sádrovláknitá deska	12,00	13	1000	0,15	1,35	0,20
Σ Stálé zatížení					0,35	0,48
Proměnné zatížení				q _k [kN/m ²]	g _Q [-]	q _d [kN/m ²]
Užitné zatížení				0,00	1,50	0,00
Σ Proměnné zatížení				0,00		0,00
Celkové zatížení					0,35	0,48

Příčka 100 mm + keramické obklad						
Stálé zatížení	obj. tíha [kN/m ³]	tloušťka [mm]	šířka [mm/m]	g _k [kN/m ²]	g _G [-]	g _d [kN/m ²]
Keramický obklad	20,00	8	1000	0,16	1,35	0,22
Lepidlo na dlažbu	15,00	5	1000	0,08	1,35	0,10
Sádrovláknitá deska	12,00	13	1000	0,15	1,35	0,20
CW profily	78,00	75	3	0,02	1,35	0,02
Tepelná izolace	0,50	75	1000	0,04	1,35	0,05
Sádrovláknitá deska	12,00	13	1000	0,15	1,35	0,20
Σ Stálé zatížení					0,59	0,80
Proměnné zatížení				q _k [kN/m ²]	g _Q [-]	q _d [kN/m ²]
Užitné zatížení				0,00	1,50	0,00
Σ Proměnné zatížení				0,00		0,00
Celkové zatížení					0,59	0,80

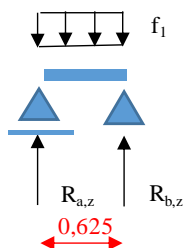


Vnější stěna						
Stálé zatížení	obj. tíha [kN/m ³]	tloušťka [mm]	šířka [mm/m]	g _k [kN/m ²]	g _G [-]	g _d [kN/m ²]
Sádrovláknitá deska	12,00	20	1000	0,24	1,35	0,32
Tepelná izolace	0,50	40	1000	0,02	1,35	0,03
Dřevěné sloupky předstěny	4,50	40	96	0,02	1,35	0,02
OSB deska	6,00	15	1000	0,09	1,35	0,12
Tepelná izolace	0,50	80	1000	0,04	1,35	0,05
Dřevěné sloupky stěny	4,50	80	96	0,03	1,35	0,05
Σ Stálé zatížení				0,44		0,60
Proměnné zatížení				q _k [kN/m ²]	g _Q [-]	q _d [kN/m ²]
Užitné zatížení				0,00	1,50	0,00
Σ Proměnné zatížení				0,00		0,00
Celkové zatížení				0,44		0,60

Provětrávaná fasáda						
Stálé zatížení	obj. tíha [kN/m ³]	tloušťka [mm]	šířka [mm/m]	g _k [kN/m ²]	g _G [-]	g _d [kN/m ²]
Tepelná izolace	0,50	180	1000	0,09	1,35	0,12
OSB deska - příložky	6,00	260	24	0,04	1,35	0,05
Dřevěné sloupky fasády	4,50	40	96	0,02	1,35	0,02
Dřevovláknitá deska	2,30	24	1000	0,06	1,35	0,07
Dřevěné sloupky fasádního obkladu	4,50	40	96	0,02	1,35	0,02
Dřevěný fasádní obklad	4,50	16	1000	0,07	1,35	0,10
Σ Stálé zatížení				0,29		0,39
Proměnné zatížení				q _k [kN/m ²]	g _Q [-]	q _d [kN/m ²]
Užitné zatížení				0,00	1,50	0,00
Σ Proměnné zatížení				0,00		0,00
Celkové zatížení				0,29		0,39

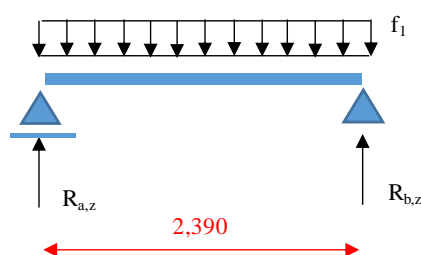
Výpočet zatížení, vnitřních sil, reakcí a deformace střednice - prutové konstrukce

Záklap podlahy - podlahová konstrukce



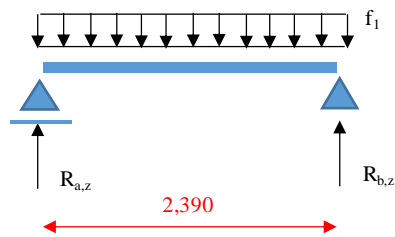
$b =$		1	m
$f_1 =$	podlahová konstrukce - dřevěné podlahové trámy		
$g_k =$	$(0,77-0,08)*b$	$= 0,690$	kN/m
$q_k =$	$2,00*b$	$= 2,000$	kN/m
$f_{1,k} =$	$(2,77-0,08)*b$	$= 2,690$	kN/m
$f_{1,d} =$	$(4,04-0,10)*b$	$= 3,940$	kN/m
$L =$		$= 0,625$	m
$R_{a,z,k} = R_{b,z,k} =$	$1/2*f_{1,k}*L$	$= 0,841$	kN
$R_{a,z,d} = R_{b,z,d} =$	$1/2*f_{1,d}*L$	$= 1,231$	kN
$V_{d,max} =$	$1/2*f_{1,d}*L$	$= 1,231$	kN
$M_{d,max} =$	$1/8*f_{1,d}*L^2$	$= 0,192$	kNm
$w_{k,max} =$	$5/384*f_{1,k}*L^4/(E*I)$	$= 0,005/(E*I)$	m
$w_{g,k,max} =$	$5/384*g_k*L^4/(E*I)$	$= 0,001/(E*I)$	m
$w_{q,k,max} =$	$5/384*q_k*L^4/(E*I)$	$= 0,004/(E*I)$	m

Podlahový trám - podlahová konstrukce



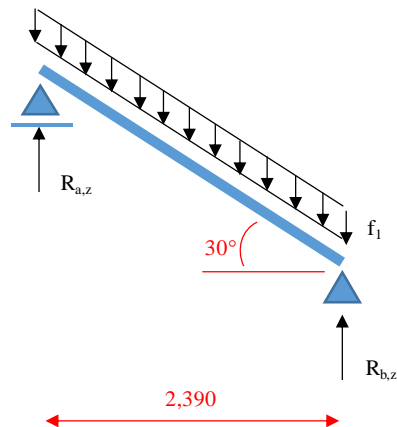
$b =$		0,625	m
$f_1 =$	podlahová konstrukce		
$g_k =$	$0,77*b$	$= 0,481$	kN/m
$q_k =$	$2,00*b$	$= 1,250$	kN/m
$f_{1,k} =$	$2,77*b$	$= 1,731$	kN/m
$f_{1,d} =$	$4,04*b$	$= 2,525$	kN/m
$L =$		$= 2,390$	m
$R_{a,z,k} = R_{b,z,k} =$	$1/2*f_{1,k}*L$	$= 2,069$	kN
$R_{a,z,d} = R_{b,z,d} =$	$1/2*f_{1,d}*L$	$= 3,017$	kN
$V_{d,max} =$	$1/2*f_{1,d}*L$	$= 3,017$	kN
$M_{d,max} =$	$1/8*f_{1,d}*L^2$	$= 1,803$	kNm
$w_{k,max} =$	$5/384*f_{1,k}*L^4/(E*I)$	$= 0,736/(E*I)$	m
$w_{g,k,max} =$	$5/384*g_k*L^4/(E*I)$	$= 0,204/(E*I)$	m
$w_{q,k,max} =$	$5/384*q_k*L^4/(E*I)$	$= 0,531/(E*I)$	m

Stropní trám - stropní konstrukce zateplená



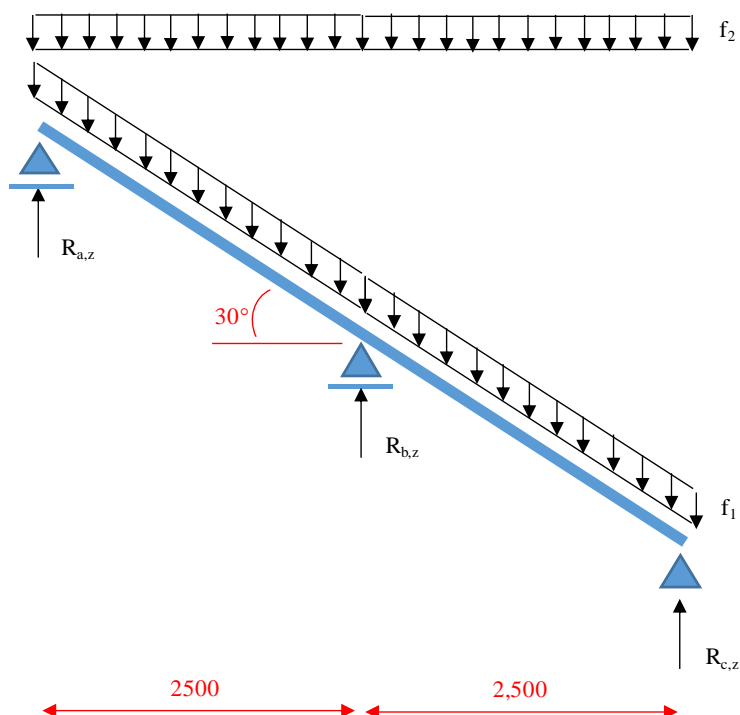
$b =$		$0,625$	m
$f_1 =$	stropní konstrukce zateplená		
$g_k =$	$0,49 \cdot b$	$= 0,306$	kN/m
$q_k =$	$0 \cdot b$	$= 0,000$	kN/m
$f_{1,k} =$	$0,49 \cdot b$	$= 0,306$	kN/m
$f_{1,d} =$	$0,66 \cdot b$	$= 0,413$	kN/m
$L =$		$2,390$	m
$R_{a,z,k} = R_{b,z,k} =$	$1/2 \cdot f_{1,k} \cdot L$	$= 0,366$	kN
$R_{a,z,d} = R_{b,z,d} =$	$1/2 \cdot f_{1,d} \cdot L$	$= 0,493$	kN
$V_{d,max} =$	$1/2 \cdot f_{1,d} \cdot L$	$= 0,493$	kN
$M_{d,max} =$	$1/8 \cdot f_{1,d} \cdot L^2$	$= 0,295$	kNm
$w_{k,max} =$	$5/384 \cdot f_{1,k} \cdot L^4 / (E \cdot I)$	$= 0,130 / (E \cdot I)$	m
$w_{g,k,max} =$	$5/384 \cdot g_k \cdot L^4 / (E \cdot I)$	$= 0,130 / (E \cdot I)$	m
$w_{q,k,max} =$	$5/384 \cdot q_k \cdot L^4 / (E \cdot I)$	$= 0,000 / (E \cdot I)$	m

Stropní trám šikmý- stropní konstrukce zateplená šikmá



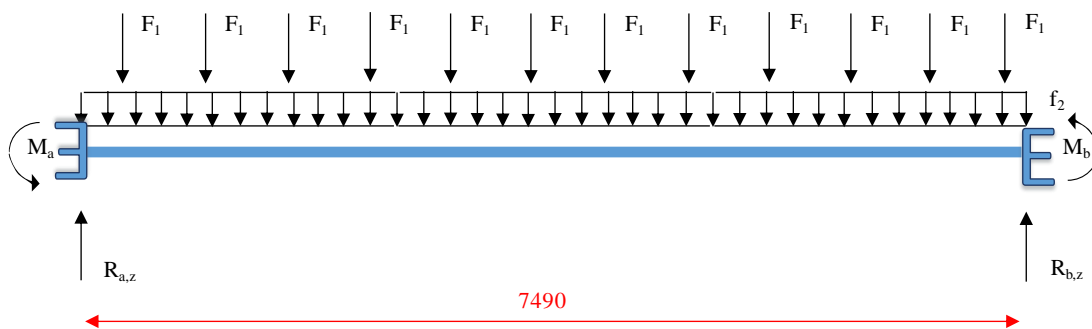
$b =$		$0,625$	m
$f_1 =$	stropní konstrukce zateplená		
$g_k =$	$0,49 \cdot b$	$= 0,306$	kN/m
$q_k =$	$0 \cdot b$	$= 0,000$	kN/m
$f_{1,k} =$	$0,49 \cdot b$	$= 0,306$	kN/m
$f_{1,d} =$	$0,66 \cdot b$	$= 0,413$	kN/m
$L =$	$2,390 / \cos(30)$	$= 2,760$	m
$R_{a,z,k} = R_{b,z,k} =$	$1/2 \cdot f_{1,k} \cdot L$	$= 0,423$	kN
$R_{a,z,d} = R_{b,z,d} =$	$1/2 \cdot f_{1,d} \cdot L$	$= 0,569$	kN
$V_{d,max} =$	$1/2 \cdot f_{1,d} \cdot L \cdot \cos(30)$	$= 0,493$	kN
$M_{d,max} =$	$1/8 \cdot f_{1,d} \cdot L^2 \cdot \cos(30)$	$= 0,340$	kNm
$w_{k,max} =$	$5/384 \cdot f_{1,k} \cdot L^4 \cdot \cos(30) / (E \cdot I)$	$= 0,200 / (E \cdot I)$	m
$w_{g,k,max} =$	$5/384 \cdot g_k \cdot L^4 \cdot \cos(30) / (E \cdot I)$	$= 0,200 / (E \cdot I)$	m
$w_{q,k,max} =$	$5/384 \cdot q_k \cdot L^4 \cdot \cos(30) / (E \cdot I)$	$= 0,000 / (E \cdot I)$	m

Krokev - střešní konstrukce šikmá



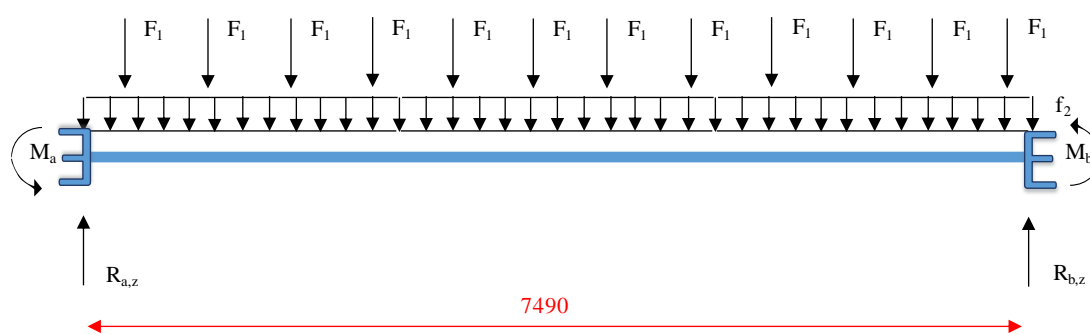
$b =$		0,625	m
$f_1 =$	střešní konstrukce		
$f_2 =$	sníh		
$g_k =$	$0,38 \cdot b$	$= 0,238$	kN/m
$q_k =$	$1,20 \cdot \cos(30) \cdot b$	$= 0,650$	kN/m
$f_{1,k} =$	$0,38 \cdot b$	$= 0,238$	kN/m
$f_{1,d} =$	$0,51 \cdot b$	$= 0,319$	kN/m
$f_{2,k} =$	$1,20 \cdot b$	$= 0,750$	kN/m
$f_{2,d} =$	$1,80 \cdot b$	$= 1,125$	kN/m
$f_{2,k}' =$	$f_{2,k} \cdot \cos(30)$	$= 0,650$	kN/m
$f_{2,d}' =$	$f_{2,d} \cdot \cos(30)$	$= 0,974$	kN/m
$f_k =$	$f_{1,k} + f_{2,k}'$	$= 0,887$	kN/m
$f_d =$	$f_{1,d} + f_{2,d}'$	$= 1,293$	kN/m
$L =$	$2,500 / \cos(30)$	$= 2,887$	m
$R_{a,z,k} = R_{c,z,k} =$	$3/8 \cdot f_k \cdot L$	$= 0,960$	kN
$R_{a,z,d} = R_{c,z,d} =$	$3/8 \cdot f_d \cdot L$	$= 1,400$	kN
$R_{b,z,k} =$	$10/8 \cdot f_k \cdot L$	$= 3,201$	kN
$R_{b,z,d} =$	$10/8 \cdot f_d \cdot L$	$= 4,666$	kN
$V_{d,max} =$	$10/8 \cdot f_d \cdot L \cdot \cos(30)$	$= 4,041$	kN
$M_{d,max} =$	$1/8 \cdot f_d \cdot L^2 \cdot \cos(30)$	$= 1,166$	kNm
$w_{k,s} =$	$1/192 \cdot f_k \cdot L^4 \cdot \cos(30) / (E \cdot I)$	$= 0,278 / (E \cdot I)$	m
$w_{g,k,max} =$	$1/192 \cdot g_k \cdot L^4 \cdot \cos(30) / (E \cdot I)$	$= 0,074 / (E \cdot I)$	m
$w_{q,k,max} =$	$1/192 \cdot q_k \cdot L^4 \cdot \cos(30) / (E \cdot I)$	$= 0,203 / (E \cdot I)$	m

Ocelový nosník - dolní vnější



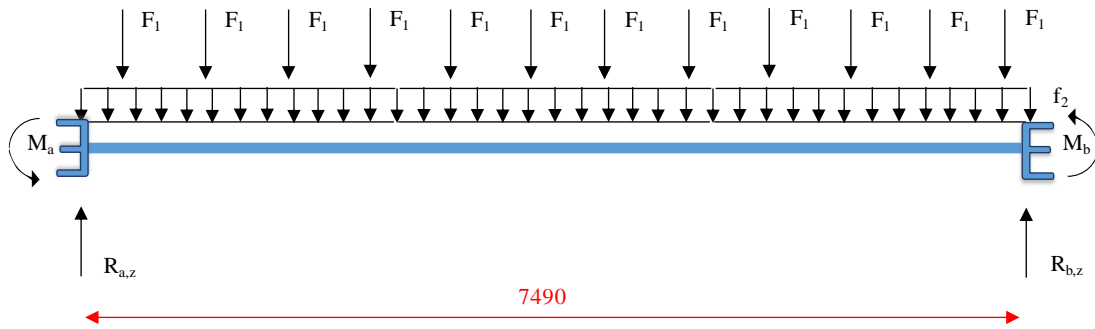
$f_2 =$	vlastní tíha + vnější stěna ($h=2,6\text{m}$) + provětrávaná fasáda ($h=3\text{m}$)		
$F_1 =$	podlahový trám ($R_{a,z}$)		
$f_{2,k} =$	$0,197 + 0,44 \cdot 2,6 + 0,29 \cdot 3$	$=$	2,211 kN/m
$f_{2,d} =$	$0,197 \cdot 1,35 + 0,60 \cdot 2,6 + 0,39 \cdot 3$	$=$	1,260 kN/m
$F_{1,k} =$			2,069 kN
$F_{1,d} =$			3,017 kN
$f_{1,k}' =$	$F_{1,k} \cdot 12/L$	$=$	3,315 kN/m
$f_{1,d}' =$	$F_{1,d} \cdot 12/L$	$=$	4,834 kN/m
$f_k =$	$f_{1,k} + f_{2,k}'$	$=$	5,526 kN/m
$f_d =$	$f_{1,d} + f_{2,d}'$	$=$	6,094 kN/m
$L =$			7,490 m
$R_{a,z,k} = R_{b,z,k} =$	$1/2 \cdot f_k \cdot L$	$=$	20,694 kN
$R_{a,z,d} = R_{b,z,d} =$	$1/2 \cdot f_d \cdot L$	$=$	22,821 kN
$V_{d,max} =$	$1/2 \cdot f_d \cdot L$	$=$	22,821 kN
$M_{a,d} = -M_{b,d} =$	$1/12 \cdot f_d \cdot L^2$	$=$	28,488 kNm
$M_{d,max} =$	$1/12 \cdot f_d \cdot L^2$	$=$	28,488 kNm
$w_{k,max} =$	$1/384 \cdot f_k \cdot L^4 / (E \cdot I)$	$=$	45,289 / (E * I) m

Ocelový nosník - horní vnitřní



$f_2 =$	vlastní tíha		
$F_1 =$	krokv ($R_{b,z}$) + stropní trám šikmý ($R_{a,z}$)		
$f_{2,k} =$		0,197	kN/m
$f_{2,d} =$	$0,197 \cdot 1,35$	$= 0,266$	kN/m
$F_{1,k} =$	$3,201 + 0,423$	$= 3,624$	kN
$F_{1,d} =$	$4,666 + 0,569$	$= 5,235$	kN
$f_{1,k}' =$	$F_{1,k} \cdot 12/L$	$= 5,806$	kN/m
$f_{1,d}' =$	$F_{1,d} \cdot 12/L$	$= 8,387$	kN/m
$f_k =$	$f_{1,k} + f_{2,k}'$	$= 6,003$	kN/m
$f_d =$	$f_{1,d} + f_{2,d}'$	$= 8,653$	kN/m
$L =$		7,490	m
$R_{a,z,k} = R_{b,z,k} =$	$1/2 \cdot f_k \cdot L$	$= 22,482$	kN
$R_{a,z,d} = R_{b,z,d} =$	$1/2 \cdot f_d \cdot L$	$= 32,406$	kN
$V_{d,max} =$	$1/2 \cdot f_d \cdot L$	$= 32,406$	kN
$M_{a,d} = -M_{b,d} =$	$1/12 \cdot f_d \cdot L^2$	$= 40,453$	kNm
$M_{d,max} =$	$1/12 \cdot f_d \cdot L^2$	$= 40,453$	kNm
$w_{k,max} =$	$1/384 \cdot f_k \cdot L^4 / (E \cdot I)$	$= 49,201 / (E \cdot I)$	m

Ocelový nosník - horní vnější



$f_2 =$	vlastní tíha		
$F_1 =$	krokv ($R_{c,z}$) + stropní trám šikmý ($R_{b,z}$)		
$f_{2,k} =$		0,197	kN/m
$f_{2,d} =$	$0,197 \cdot 1,35$	$= 0,266$	kN/m
$F_{1,k} =$	$0,960 + 0,423$	$= 1,383$	kN
$F_{1,d} =$	$1,400 + 0,569$	$= 1,969$	kN
$f_{1,k}' =$	$F_{1,k} \cdot 12/L$	$= 2,216$	kN/m
$f_{1,d}' =$	$F_{1,d} \cdot 12/L$	$= 3,155$	kN/m
$f_k =$	$f_{1,k} + f_{2,k}'$	$= 2,413$	kN/m
$f_d =$	$f_{1,d} + f_{2,d}'$	$= 3,421$	kN/m
$L =$		7,490	m
$R_{a,z,k} = R_{b,z,k} =$	$1/2 \cdot f_k \cdot L$	$= 9,036$	kN
$R_{a,z,d} = R_{b,z,d} =$	$1/2 \cdot f_d \cdot L$	$= 12,810$	kN
$V_{d,max} =$	$1/2 \cdot f_d \cdot L$	$= 12,810$	kN
$M_{a,d} = -M_{b,d} =$	$1/12 \cdot f_d \cdot L^2$	$= 15,991$	kNm
$M_{d,max} =$	$1/12 \cdot f_d \cdot L^2$	$= 15,991$	kNm
$w_{k,max} =$	$1/384 \cdot f_k \cdot L^4 / (E \cdot I)$	$= 19,775 / (E \cdot I)$	m



PŘÍLOHA 2 – Statické posouzení prvků primární nosné konstrukce

Statické posouzení ocelového nosníku na ohyb, smyk, kroucení a průhyb

Ocelový nosník - dolní vnější

Geometrie nosníku

$L =$ 7 490 mm délka nosníku

Materiálové charakteristiky

$f_y =$ 355 Mpa mez kluzu oceli
 $E =$ 210 000 MPa modul pružnosti
 $G =$ 80 700 MPa modul pružnosti ve smyku
 $\varepsilon =$ $(235 / f_y)^{1/2}$
 $\varepsilon =$ 0,814

Charakteristiky průřezu

Název průřezu UPE 180

$h =$ 180,0 mm výška průřezu
 $b =$ 75,0 mm šířka průřezu
 $d =$ 159,0 mm výška stěny mezi zaoblením
 $t_w =$ 5,5 mm tloušťka stěny
 $t_f =$ 10,5 mm tloušťka pásnice
 $A =$ 2 511,0 mm² průřezová plocha
 $A_{v,z} =$ 1 120,0 mm² smyková plocha
 $W_y =$ 1,504E+05 mm³ pružný průřezový modul k ose y
 $W_{pl,y} =$ 1,730E+05 mm³ plastický průřezový modul k ose y
 $I_y =$ 1,353E+07 mm⁴ moment setrvačnosti k ose y
 $I_z =$ 1,437E+06 mm⁴ moment setrvačnosti k ose z
 $I_t =$ 6,990E+04 mm⁴ moment setrvačnosti ve volném kroucení
 $I_w =$ 6,810E+09 mm⁶ výsečový moment setrvačnosti
 $i_y =$ 73,4 mm poloměr setrvačnosti k ose y
 $i_z =$ 23,9 mm poloměr setrvačnosti k ose z
Třída průřezu 1 třída průřezu pro ohyb
Třída průřezu 1 třída průřezu pro tlak

Zatížení průřezu

$N_{Ed} =$	0,00 kN	návrhové normálové zatížení průřezu ve směru osy x
$M_{Ed,y} =$	28,49 kNm	návrhové momentové zatížení průřezu k ose y
$V_{Ed,z} =$	22,82 kN	návrhové smykové zatížení průřezu ve směru osy z
$M_{Ed,z} =$	0,00 kNm	návrhové momentové zatížení průřezu k ose z
$V_{Ed,y} =$	0,00 kN	návrhové smykové zatížení průřezu ve směru osy y
$B_{Ed} =$	$M_{Ed} \cdot e \cdot (1 - \kappa)$	
$T_{Ed} =$	$T_{t,Ed} + T_{w,Ed}$	
$T_{t,Ed} =$	$V_{Ed} \cdot e \cdot \kappa$	
$T_{w,Ed} =$	$V_{Ed} \cdot e \cdot (1 - \kappa)$	
$\kappa =$	$1 / [\beta + (\alpha / K_t)^2]$	
$K_t =$	$L \cdot [(G \cdot I_t) / (E \cdot I_w)]^{1/2}$	
$K_t =$	14,88	bezrozměrný parametr tuhosti při kroucení
$\alpha =$	8,00	koeficient vlivu typu zatížení a uložení prutu
$\beta =$	1,25	koeficient vlivu typu zatížení a uložení prutu
$\kappa =$	0,65	opravný součinitel
$e =$	29,95 mm	excentricita zatížení ke středu smyku
$T_{w,Ed} =$	0,24 kNm	moment vázaného kroucení
$T_{t,Ed} =$	0,44 kNm	moment prostého kroucení
$T_{Ed} =$	0,68 kNm	celkový kroučící moment
$B_{Ed} =$	0,30 kNm ²	bimoment

Únosnost při ohybu

$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot f_y / \gamma_{M0}$	pro třídu průřezu 1 a 2
$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = W_{el} \cdot f_y / \gamma_{M0}$	pro třídu průřezu 3
$\gamma_{M0} =$	1,00 součinitel materiálu
$M_{c,Rd} =$	61,42 kNm moment únosnosti bez vlivu smyku
$V_{pl,Rd} =$	$A_v \cdot f_y / 3^{1/2} / \gamma_{M0}$ smyková únosnost průřezu
$V_{pl,Rd} =$	229,55 kN smyková únosnost průřezu
$V_{pl,Rd} > V_{ed}$	
$V_{pl,Rd} > 22,82 \text{ kN}$	vyhovuje na smyk
$V_{pl,Rd} > 2 \cdot V_{ed}$	
$V_{pl,Rd} > 45,64 \text{ kN}$	vliv smyku na moment únosnosti lze zanedbat
$M_{c,Rd} > M_{ed,y}$	
$M_{c,Rd} > 28,49 \text{ kNm}$	vyhovuje na prostý ohyb kolem osy y

Únosnost při ohybu se zahrnutím vlivu klopení

$M_{cr} =$	$\mu_{cr} \cdot \pi \cdot (E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t)^{1/2} / L$	pružný kritický moment symetrického průřezu
$\mu_{cr} =$	$C_1 / k_z \cdot [(1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j)^2)^{1/2} - (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j)]$	
$\kappa_{wt} =$	$[\pi / (k_w \cdot L)] \cdot [(E \cdot I_w) / (G \cdot I_t)]^{1/2}$	
$\zeta_g =$	$[(\pi \cdot z_g) / (k_z \cdot L)] \cdot [(E \cdot I_z) / (G \cdot I_t)]^{1/2}$	
$\zeta_j =$	$[(\pi \cdot z_j) / (k_z \cdot L)] \cdot [(E \cdot I_z) / (G \cdot I_t)]^{1/2}$	
$C_1 =$	1,62	součinitel zatížení a uložení konců
$C_2 =$	0,83	součinitel zatížení a uložení konců
$C_3 =$	0,00	součinitel zatížení a uložení konců
$L =$	625 mm	délka mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny
$k_z =$	0,50	součinitel vzpěrné délky
$k_w =$	0,50	součinitel vzpěrné délky
$z_g =$	$z_a - z_s$	
$z_j =$	$z_s - (0,5 / I_y) \cdot \int (y^2 + z^2) \cdot z \, dA$	
$z_a =$	90 mm	souřadnice působíště zatížení vzhledem k těžišti průřezu
$z_s =$	0 mm	souřadnice středu smyku vzhledem k těžišti průřezu
$I_w =$	$(1 - \psi_f^2) \cdot I_z \cdot (h_s / 2)^2$	
$h_s =$	169,50 mm	vzdálenost mezi středy smyku pásnic
$\psi_f =$	$(I_{fc} - I_{ft}) / (I_{fc} + I_{ft})$	
$I_{fc} =$	6,765E+06 mm ⁴	moment setrvačnosti tlačené pásnice
$I_{ft} =$	6,765E+06 mm ⁴	moment setrvačnosti tažené pásnice
$\psi_f =$	0,00	parametr nesymetrie průřezu
$I_w =$	1,032E+10 mm ⁶	výšečový moment setrvačnosti
$z_j =$	0 mm	
$z_g =$	90 mm	souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku
$\zeta_j =$	0,00	bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu
$\zeta_g =$	6,62	bezrozměrný parametr působíště zatížení ke středu smyku
$\kappa_{wt} =$	6,23	bezrozměrný parametr kroucení
$\mu_{cr} =$	9,31	bezrozměrný kritický moment
$M_{cr} =$	1931,21 kNm	pružný kritický moment symetrického průřezu
$\chi_{LT} =$	$1 / (\Phi_{LT} + (\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)^{1/2})$	
$\chi_{LT} \leq$	1,00	
$\Phi_{LT} =$	$0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2]$	
$\alpha_{LT} =$	0,76	součinitel imperfekce při klopení
$\lambda_{LT} =$	$(W_y \cdot f_y / M_{cr})^{1/2}$	
$\lambda_{LT} =$	0,17	poměrná štíhlost
$\Phi_{LT} =$	0,50	
$\chi_{LT} =$	1,00	součinitel klopení
$M_{b,Rd} =$	$\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}$	pro třídu průřezu 1 a 2
$M_{b,Rd} =$	$\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}$	pro třídu průřezu 3
$M_{b,Rd} =$	$\chi_{LT} \cdot W_{eff,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}$	pro třídu průřezu 4
$\gamma_{M1} =$	1,00	součinitel materiálu
$M_{b,Rd} =$	61,42 kNm	moment únosnosti se zahrnutím vlivu klopení
$M_{b,Rd} >$	$M_{ed,y}$	
$M_{b,Rd} >$	28,49 kNm	vyhovuje na ohyb kolem osy y se zahrnutím vlivu klopení

Únosnost při kombinaci ohybu a kroucení

$\sigma_{x,d,max}$	$=$	$\sigma_{x,b} + \sigma_{x,w}$	
$\sigma_{x,b}$	$=$	$M_{ed} / (\chi_{LT} \cdot W_{el,y})$	
$\sigma_{x,b}$	$=$	189,41 Mpa	normálové napětí od ohybu
$\sigma_{x,w}$	$=$	$B_{Sd} \cdot \omega / I_w$	
ω	$=$	$1/4 \cdot b \cdot (h - t_f)$	
ω	$=$	3 178,13 mm ²	maximální výsečová pořadnice
$\sigma_{x,w}$	$=$	139,49 Mpa	normálové napětí od kroucení
$\sigma_{x,d,max}$	$=$	328,91 Mpa	normálové napětí od ohybu a kroucení
$\sigma_{x,d,max}$	$<$	f_y / γ_{M1}	
$\sigma_{x,d,max}$	$<$	355,00 Mpa	vyhovuje na normálové napětí při ohybu a kroucení
$\tau_{d,max,st}$	$=$	$\tau_{b,st} + \tau_{t,st}$	
$\tau_{d,max,pás}$	$=$	$\tau_{b,pás} + \tau_{t,pás} + \tau_{w,pás}$	
$\tau_{b,st}$	$=$	V_{ed} / A_{vz}	
$\tau_{b,st}$	$=$	20,38 Mpa	smykové napětí od posouvající síly ve stěně
$\tau_{t,st}$	$=$	$T_{t,Ed} \cdot t_w / I_t$	
$\tau_{t,st}$	$=$	34,94 Mpa	smykové napětí od prostého kroucení ve stěně
$\tau_{t,pás}$	$=$	$T_{t,Ed} \cdot t_f / I_t$	
$\tau_{t,pás}$	$=$	66,70 Mpa	smykové napětí od prostého kroucení v pásnici
$\tau_{w,pás}$	$=$	$T_{w,Ed} \cdot S_w / (I_w \cdot t_f)$	
S_w	$=$	$1/16 \cdot b_f^2 \cdot t_f \cdot (h - t_f)$	
S_w	$=$	6,257E+05 mm ⁴	statický výsečový moment
$\tau_{w,pás}$	$=$	2,10 Mpa	smykové napětí od vázaného uprostřed pásnice
$\tau_{d,max,st}$	$=$	55,31 Mpa	smykové napětí ve stěně nosníku
$\tau_{d,max,s}$	$<$	$1/\sqrt{3} \cdot f_y / \gamma_{M0}$	
$\tau_{d,max,s}$	$<$	204,96 Mpa	vyhovuje na smykové napětí ve stěně nosníku
$\tau_{d,max,pás}$	$=$	68,80 Mpa	smykové napětí v pásnici nosníku
$\tau_{d,max,p}$	$<$	$1/\sqrt{3} \cdot f_y / \gamma_{M0}$	
$\tau_{d,max,p}$	$<$	204,96 Mpa	vyhovuje na smykové napětí v pásnici nosníku
σ	$=$	$(\sigma_x^2 + 3\tau^2)^{1/2}$	
σ	$=$	348,61 Mpa	
σ	$<$	f_y / γ_{M1}	
σ	$<$	355,00 Mpa	vyhovuje na kombinaci ohybu a kroucení

Průhyb nosníku

w	$=$	45,29 / (E · I)	
w	$=$	15,94 mm	průhyb nosníku
w_{lim}	$=$	18,73 mm	limitní průhyb
w	$<$	w_{lim}	průhyb nosníku vyhovuje



Statické posouzení ocelového nosníku na ohyb, smyk, kroucení a průhyb

Ocelový nosník - horní vnitřní

Geometrie nosníku

$L =$ 7 490 mm délka nosníku

Materiálové charakteristiky

$f_y =$ 355 Mpa mez kluzu oceli
 $E =$ 210 000 MPa modul pružnosti
 $G =$ 80 700 MPa modul pružnosti ve smyku
 $\varepsilon =$ $(235 / f_y)^{1/2}$
 $\varepsilon =$ 0,814

Charakteristiky průřezu

Název průřezu UPE 180

$h =$ 180,0 mm výška průřezu
 $b =$ 75,0 mm šířka průřezu
 $d =$ 159,0 mm výška stěny mezi zaoblením
 $t_w =$ 5,5 mm tloušťka stěny
 $t_f =$ 10,5 mm tloušťka pásnice
 $A =$ 2 511,0 mm² průřezová plocha
 $A_{v,z} =$ 1 120,0 mm² smyková plocha
 $W_y =$ 1,504E+05 mm³ pružný průřezový modul k ose y
 $W_{pl,y} =$ 1,730E+05 mm³ plastický průřezový modul k ose y
 $I_y =$ 1,353E+07 mm⁴ moment setrvačnosti k ose y
 $I_z =$ 1,437E+06 mm⁴ moment setrvačnosti k ose z
 $I_t =$ 6,990E+04 mm⁴ moment setrvačnosti ve volném kroucení
 $I_w =$ 6,810E+09 mm⁶ výsečový moment setrvačnosti
 $i_y =$ 73,4 mm poloměr setrvačnosti k ose y
 $i_z =$ 23,9 mm poloměr setrvačnosti k ose z
Třída průřezu 1 třída průřezu pro ohyb
Třída průřezu 1 třída průřezu pro tlak



Zatížení průřezu

$N_{Ed} =$	0,00 kN	návrhové normálové zatížení průřezu ve směru osy x
$M_{Ed,y} =$	40,45 kNm	návrhové momentové zatížení průřezu k ose y
$V_{Ed,z} =$	32,41 kN	návrhové smykové zatížení průřezu ve směru osy z
$M_{Ed,z} =$	0,00 kNm	návrhové momentové zatížení průřezu k ose z
$V_{Ed,y} =$	0,00 kN	návrhové smykové zatížení průřezu ve směru osy y
$B_{Ed} =$	$M_{Ed} \cdot e \cdot (1 - \kappa)$	
$T_{Ed} =$	$T_{t,Ed} + T_{w,Ed}$	
$T_{t,Ed} =$	$V_{Ed} \cdot e \cdot \kappa$	
$T_{w,Ed} =$	$V_{Ed} \cdot e \cdot (1 - \kappa)$	
$\kappa =$	$1 / [\beta + (\alpha / K_t)^2]$	
$K_t =$	$L \cdot [(G \cdot I_t) / (E \cdot I_w)]^{1/2}$	
$K_t =$	14,88	bezrozměrný parametr tuhosti při kroucení
$\alpha =$	8,00	koeficient vlivu typu zatížení a uložení prutu
$\beta =$	1,25	koeficient vlivu typu zatížení a uložení prutu
$\kappa =$	0,65	opravný součinitel
$e =$	10,00 mm	excentricita zatížení ke středu smyku
$T_{w,Ed} =$	0,11 kNm	moment vázaného kroucení
$T_{t,Ed} =$	0,21 kNm	moment prostého kroucení
$T_{Ed} =$	0,32 kNm	celkový kroučící moment
$B_{Ed} =$	0,14 kNm ²	bimoment

Únosnost při ohybu

$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot f_y / \gamma_{M0}$	pro třídu průřezu 1 a 2
$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = W_{el} \cdot f_y / \gamma_{M0}$	pro třídu průřezu 3
$\gamma_{M0} =$	1,00 součinitel materiálu
$M_{c,Rd} =$	61,42 kNm moment únosnosti bez vlivu smyku
$V_{pl,Rd} =$	$A_v \cdot f_y / 3^{1/2} / \gamma_{M0}$ smyková únosnost průřezu
$V_{pl,Rd} =$	229,55 kN smyková únosnost průřezu
$V_{pl,Rd} > V_{ed}$	
$V_{pl,Rd} > 32,41 \text{ kN}$	vyhovuje na smyk
$V_{pl,Rd} > 2 \cdot V_{ed}$	
$V_{pl,Rd} > 64,81 \text{ kN}$	vliv smyku na moment únosnosti lze zanedbat
$M_{c,Rd} > M_{ed,y}$	
$M_{c,Rd} > 40,45 \text{ kNm}$	vyhovuje na prostý ohyb kolem osy y

Únosnost při ohybu se zahrnutím vlivu klopení

$M_{cr} =$	$\mu_{cr} \cdot \pi \cdot (E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t)^{1/2} / L$	pružný kritický moment symetrického průřezu
$\mu_{cr} =$	$C_1 / k_z \cdot [(1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j)^2)^{1/2} - (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j)]$	
$\kappa_{wt} =$	$[\pi / (k_w \cdot L)] \cdot [(E \cdot I_w) / (G \cdot I_t)]^{1/2}$	
$\zeta_g =$	$[(\pi \cdot z_g) / (k_z \cdot L)] \cdot [(E \cdot I_z) / (G \cdot I_t)]^{1/2}$	
$\zeta_j =$	$[(\pi \cdot z_j) / (k_z \cdot L)] \cdot [(E \cdot I_z) / (G \cdot I_t)]^{1/2}$	
$C_1 =$	1,62	součinitel zatížení a uložení konců
$C_2 =$	0,83	součinitel zatížení a uložení konců
$C_3 =$	0,00	součinitel zatížení a uložení konců
$L =$	625 mm	délka mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny
$k_z =$	0,50	součinitel vzpěrné délky
$k_w =$	0,50	součinitel vzpěrné délky
$z_g =$	$z_a - z_s$	
$z_j =$	$z_s - (0,5 / I_y) \cdot \int (y^2 + z^2) \cdot z \, dA$	
$z_a =$	90 mm	souřadnice působíště zatížení vzhledem k těžišti průřezu
$z_s =$	0 mm	souřadnice středu smyku vzhledem k těžišti průřezu
$I_w =$	$(1 - \psi_f^2) \cdot I_z \cdot (h_s / 2)^2$	
$h_s =$	169,50 mm	vzdálenost mezi středy smyku pásnic
$\psi_f =$	$(I_{fc} - I_{ft}) / (I_{fc} + I_{ft})$	
$I_{fc} =$	6,765E+06 mm ⁴	moment setrvačnosti tlačené pásnice
$I_{ft} =$	6,765E+06 mm ⁴	moment setrvačnosti tažené pásnice
$\psi_f =$	0,00	parametr nesymetrie průřezu
$I_w =$	1,032E+10 mm ⁶	výsečový moment setrvačnosti
$z_j =$	0 mm	
$z_g =$	90 mm	souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku
$\zeta_j =$	0,00	bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu
$\zeta_g =$	6,62	bezrozměrný parametr působíště zatížení ke středu smyku
$\kappa_{wt} =$	6,23	bezrozměrný parametr kroucení
$\mu_{cr} =$	9,31	bezrozměrný kritický moment
$M_{cr} =$	1931,21 kNm	pružný kritický moment symetrického průřezu
$\chi_{LT} =$	$1 / (\Phi_{LT} + (\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)^{1/2})$	
$\chi_{LT} \leq$	1,00	
$\Phi_{LT} =$	$0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2]$	
$\alpha_{LT} =$	0,76	součinitel imperfekce při klopení
$\lambda_{LT} =$	$(W_y \cdot f_y / M_{cr})^{1/2}$	
$\lambda_{LT} =$	0,17	poměrná štíhlost
$\Phi_{LT} =$	0,50	
$\chi_{LT} =$	1,00	součinitel klopení
$M_{b,Rd} =$	$\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}$	pro třídu průřezu 1 a 2
$M_{b,Rd} =$	$\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}$	pro třídu průřezu 3
$M_{b,Rd} =$	$\chi_{LT} \cdot W_{eff,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}$	pro třídu průřezu 4
$\gamma_{M1} =$	1,00	součinitel materiálu
$M_{b,Rd} =$	61,42 kNm	moment únosnosti se zahrnutím vlivu klopení
$M_{b,Rd} >$	$M_{ed,y}$	
$M_{b,Rd} >$	40,45 kNm	vyhovuje na ohyb kolem osy y se zahrnutím vlivu klopení

Únosnost při kombinaci ohybu a kroucení

$\sigma_{x,d,max}$	$\sigma_{x,b} + \sigma_{x,w}$	
$\sigma_{x,b}$	$M_{ed} / (\chi_{LT} \cdot W_{el,y})$	
$\sigma_{x,b}$	268,97 Mpa	normálové napětí od ohybu
$\sigma_{x,w}$	$B_{Sd} \cdot \omega / I_w$	
ω	$1/4 \cdot b \cdot (h - t_f)$	
ω	3 178,13 mm ²	maximální výsečová pořadnice
$\sigma_{x,w}$	66,14 Mpa	normálové napětí od kroucení
$\sigma_{x,d,max}$	335,11 Mpa	normálové napětí od ohybu a kroucení
$\sigma_{x,d,max}$	f_y / γ_{M1}	
$\sigma_{x,d,max}$	355,00 Mpa	vyhovuje na normálové napětí při ohybu a kroucení
$\tau_{d,max,st}$	$\tau_{b,st} + \tau_{t,st}$	
$\tau_{d,max,pás}$	$\tau_{b,pás} + \tau_{t,pás} + \tau_{w,pás}$	
$\tau_{b,st}$	V_{ed} / A_{vz}	
$\tau_{b,st}$	28,93 Mpa	smykové napětí od posouvající síly ve stěně
$\tau_{t,st}$	$T_{t,Ed} \cdot t_w / I_t$	
$\tau_{t,st}$	16,57 Mpa	smykové napětí od prostého kroucení ve stěně
$\tau_{t,pás}$	$T_{t,Ed} \cdot t_f / I_t$	
$\tau_{t,pás}$	31,63 Mpa	smykové napětí od prostého kroucení v pásnici
$\tau_{w,pás}$	$T_{w,Ed} \cdot S_w / (I_w \cdot t_f)$	
S_w	$1/16 \cdot b_f^2 \cdot t_f^* (h - t_f)$	
S_w	6,257E+05 mm ⁴	statický výsečový moment
$\tau_{w,pás}$	0,99 Mpa	smykové napětí od vázaného uprostřed pásnice
$\tau_{d,max,st}$	45,50 Mpa	smykové napětí ve stěně nosníku
$\tau_{d,max,s}$	$1/\sqrt{3} \cdot f_y / \gamma_{M0}$	
$\tau_{d,max,s}$	204,96 Mpa	vyhovuje na smykové napětí ve stěně nosníku
$\tau_{d,max,pás}$	32,62 Mpa	smykové napětí v pásnici nosníku
$\tau_{d,max,p}$	$1/\sqrt{3} \cdot f_y / \gamma_{M0}$	
$\tau_{d,max,p}$	204,96 Mpa	vyhovuje na smykové napětí v pásnici nosníku
σ	$(\sigma_x^2 + 3\tau^2)^{1/2}$	
σ	339,55 Mpa	
σ	f_y / γ_{M1}	
σ	355,00 Mpa	vyhovuje na kombinaci ohybu a kroucení

Průhyb nosníku

w	49,20 / (E · I)	
w	17,32 mm	průhyb nosníku
w_{lim}	18,73 mm	limitní průhyb
w	$< w_{lim}$	průhyb nosníku vyhovuje

Statické posouzení ocelového sloupu na vzpěr a ohyb**Rohový sloup****Geometrie nosníku**

$L =$ 2 640 mm délka nosníku

Materiálové charakteristiky

$f_y =$ 355 Mpa mez kluzu oceli
 $E =$ 210 000 MPa modul pružnosti
 $G =$ 80 700 MPa modul pružnosti ve smyku
 $\varepsilon =$ $(235 / f_y)^{1/2}$
 $\varepsilon =$ 0,814

Charakteristiky průřezu

Název průřezu **rovnoramenný uhlínik L 200x14**

$h =$ 200,0 mm výška průřezu
 $b =$ 200,0 mm šířka průřezu
 $d =$ mm výška stěny mezi zaoblením
 $t_w =$ mm tloušťka stěny
 $t_f =$ mm tloušťka pásnice
 $A =$ 5 440,0 mm² průřezová plocha
 $A_{v,z} =$ mm² smyková plocha
 $W_y =$ 1,430E+05 mm³ pružný průřezový modul k ose y
 $W_{pl,y} =$ mm³ plastický průřezový modul k ose y
 $I_y =$ 2,080E+07 mm⁴ moment setrvačnosti k ose y
 $I_z =$ 2,080E+07 mm⁴ moment setrvačnosti k ose z
 $I_t =$ mm⁴ moment setrvačnosti ve volném kroucení
 $I_w =$ mm⁶ výsečový moment setrvačnosti
 $i_y =$ 61,8 mm poloměr setrvačnosti k ose y
 $i_z =$ 61,8 mm poloměr setrvačnosti k ose z
Třída průřezu 3 třída průřezu pro ohyb
Třída průřezu 3 třída průřezu pro tlak

Zatížení průřezu

$N_{Ed} =$ 32,41 kN návrhové normálové zatížení průřezu ve směru osy x
 $M_{Ed,y} =$ 40,45 kNm návrhové momentové zatížení průřezu k ose y
 $V_{Ed,z} =$ 0,00 kN návrhové smykové zatížení průřezu ve směru osy z
 $M_{Ed,z} =$ 0,00 kNm návrhové momentové zatížení průřezu k ose z
 $V_{Ed,y} =$ 0,00 kN návrhové smykové zatížení průřezu ve směru osy y

Vzpěrná únosnost

$N_{b,Rd} =$	$\chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}$	pro třídu průřezu 1, 2 a 3
$N_{b,Rd} =$	$\chi \cdot A_{eff} \cdot f_y / \gamma_{M1}$	pro třídu průřezu 4
$\chi =$	$1 / (\Phi + (\Phi^2 - \lambda^2)^{1/2})$	
$\chi \leq$	1,00	
$\Phi =$	$0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$	
$\lambda =$	$(A \cdot f_y / N_{cr})^{1/2}$	pro třídu průřezu 1, 2 a 3
$\lambda =$	$(A_{eff} \cdot f_y / N_{cr})^{1/2}$	pro třídu průřezu 4
$\lambda =$	$(L_{cr} / i) \cdot (1 / \lambda_1)$	pro třídu průřezu 1, 2 a 3
$\lambda =$	$(L_{cr} / i) \cdot ((A_{eff} / A)^{1/2} / \lambda_1)$	pro třídu průřezu 4
$L_{cr} =$	1848 mm	vzpěrná délka v uvažované rovině vybočení
$i =$	61,8 mm	poloměr setrvačnosti k příslušné ose
$\lambda_1 =$	$\pi \cdot (E / f_y)^{1/2}$	
$\lambda_1 =$	76,41	
$\lambda =$	0,39	poměrná štíhlost
$\alpha =$	0,34	součinitel imperfekce
$\Phi =$	0,61	
$\chi =$	0,93	součinitel vzpěrnosti pro příslušný způsob vybočení
$\gamma_{M1} =$	1,00	součinitel materiálu
$N_{b,Rd} =$	1 795,03 kN	návrhová vzpěrná únosnost tlačného prutu
$N_{b,Rd} >$	N_{Ed}	
$N_{b,Rd} >$	32,41 kN	vyhovuje na vzpěrný tlak

Únosnost při ohybu

$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} =$	$W_{pl} \cdot f_y / \gamma_{M0}$	pro třídu průřezu 1 a 2
$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} =$	$W_{el} \cdot f_y / \gamma_{M0}$	pro třídu průřezu 3
$\gamma_{M0} =$	1,00	součinitel materiálu
$M_{c,Rd} =$	50,77 kNm	moment únosnosti bez vlivu smyku
$M_{c,Rd} >$	$M_{ed,y}$	
$M_{c,Rd} >$	40,45 kNm	vyhovuje na prostý ohyb kolem osy y

Únosnost při kombinaci tlaku a jednoosého ohybu

$N_{Ed} / N_{Rd} + k_{yy} \cdot M_{y,Ed} / M_{y,Rd} \leq$	1	
$k_{yy} =$	$C_{my} \cdot (1 + (\lambda_y - 0,2) \cdot N_{Ed} / N_{Rd})$	pro třídu průřezu 1 a 2
$k_{yy} =$	$C_{my} \cdot (1 + 0,6 \cdot \lambda_y \cdot N_{Ed} / N_{Rd})$	pro třídu průřezu 3 a 4
$C_{my} =$	1,00	
$k_{yy} =$	1,00	interakční součinitel
$N_{Ed} / N_{Rd} + k_{yy} \cdot M_{y,Ed} / M_{y,Rd} =$	0,82	
$N_{Ed} / N_{Rd} + k_{yy} \cdot M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <$	1	vyhovuje na kombinaci tlaku a jednoosého ohybu

PŘÍLOHA 3 – Statické posouzení prvků sekundární nosné konstrukce

Statické posouzení dřevěného nosníku na ohyb, smyk a průhyb

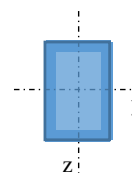
Záklon podlahy - OSB/3

Materiálové charakteristiky

$E_{0,mean} =$	4,93 GPa	průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny
$f_{m,k} =$	14,80 MPa	charakteristická pevnost v ohybu
$f_{v,k} =$	1,00 MPa	charakteristická pevnost ve smyku
$k_{mod} =$	0,70	modifikační součinitel vlivu trvání zatížení a vlhkosti
$k_m =$	1,00	součinitel vlivu redistribuce ohybových napětí
$k_{cr} =$	1,00	součinitel vlivu výsušných trhlin
$f_{m,d} =$	$k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$	návrhová pevnost v ohybu
$\gamma_M =$	1,30	bezpečnostní součinitel
$f_{m,d} =$	7,97 MPa	návrhová pevnost v ohybu
$f_{v,d} =$	$k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$	návrhová pevnost ve smyku
$f_{v,d} =$	0,54 MPa	návrhová pevnost ve smyku

Charakteristiky průřezu a schéma

$b =$	1000 mm	šířka průřezu
$h =$	22 mm	výška průřezu
$b_{ef} =$	$k_{cr} \cdot b$	efektivní šířka průřezu
$b_{ef} =$	1000,00 mm	efektivní šířka průřezu
$A_{ef} =$	$b_{ef} \cdot h$	efektivní plocha průřezu
$A_{ef} =$	22000 mm ²	efektivní plocha průřezu
$I_y =$	$1/12 \cdot b \cdot h^3$	moment setrvačnosti k ose y
$I_y =$	8,873E+05 mm ⁴	moment setrvačnosti k ose y
$I_z =$	$1/12 \cdot b^3 \cdot h$	moment setrvačnosti k ose z
$I_z =$	1,833E+09 mm ⁴	moment setrvačnosti k ose z
$W_y =$	$1/6 \cdot b \cdot h^2$	průřezový modul k ose y
$W_y =$	8,067E+04 mm ³	průřezový modul k ose y
$W_z =$	$1/6 \cdot b^2 \cdot h$	průřezový modul k ose z
$W_z =$	3,667E+06 mm ³	průřezový modul k ose z



Zatížení průřezu

$M_{y,d} =$	0,192 kNm	moment k ose y (návrhová hodnota)
$V_{z,d} =$	1,231 kN	posouvající síla ve směru osy z (návrhová hodnota)
$M_{z,d} =$	0,000 kNm	moment k ose z (návrhová hodnota)
$V_{y,d} =$	0,000 kN	posouvající síla ve směru osy y (návrhová hodnota)

Normálová napětí za ohybu (nosník je po celé délce zajištěn proti příčné a torzní nestabilitě)

$$\begin{aligned}\sigma_{m,y,d} &= M_{y,d} / W_y \\ \sigma_{m,y,d} &= 2,38 \text{ MPa} \\ \sigma_{m,y,d} &< f_{m,d} \\ \sigma_{m,y,d} &< 7,97 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje na ohyb kolem osy y} \\ \sigma_{m,z,d} &= M_{z,d} / W_z \\ \sigma_{m,z,d} &= 0,00 \text{ MPa} \\ \sigma_{m,z,d} &< f_{m,d} \\ \sigma_{m,z,d} &< 7,97 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje na ohyb kolem osy z} \\ k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,d} &< 1 \\ &0,30 < 1 \quad \text{vyhovuje} \\ \sigma_{m,y,d} / f_{m,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d} / f_{m,d} &< 1 \\ &0,30 < 1 \quad \text{vyhovuje} \\ &\text{nosník vyhovuje na ohyb}\end{aligned}$$

Smyková napětí

$$\begin{aligned}\tau_{v,z,d} &= 3 \cdot V_{z,d} / 2 \cdot A_{ef} \\ \tau_{v,z,d} &= 0,08 \text{ MPa} \\ \tau_{v,y,d} &= 3 \cdot V_{y,d} / 2 \cdot A_{ef} \\ \tau_{v,y,d} &= 0,00 \text{ MPa} \\ \tau_{v,d} &= (\tau_{v,z,d}^2 + \tau_{v,y,d}^2)^{0,5} \\ \tau_{v,d} &= 0,08 \text{ MPa} \\ \tau_{v,d} &< f_{v,d} \\ \tau_{v,d} &< 0,54 \text{ MPa} \quad \text{nosník vyhovuje na smyk}\end{aligned}$$

Průhyb

$$\begin{aligned}L &= 625 \text{ mm} \\ w_{g,k,inst} &= 0,001 / (E_{0,mean} \cdot I_y) \\ w_{g,k,inst} &= 0,2 \text{ mm} \\ w_{q,k,inst} &= 0,004 / (E_{0,mean} \cdot I_y) \\ w_{q,k,inst} &= 0,9 \text{ mm} \\ w_{inst} &= w_{g,k,inst} + w_{q,k,inst} \\ w_{inst} &= 1,1 \text{ mm} \\ w_{inst} &< L / 500 \\ w_{inst} &< 1,3 \text{ mm} \quad \text{nosník vyhovuje na okamžitý průhyb} \\ w_{net,fin} &= w_{g,k,inst} \cdot (1 + k_{1,def}) + w_{q,k,inst} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{2,def}) \\ k_{1,def} &= 0,6 \\ k_{2,def} &= 0,6 \\ \psi_{2,1} &= 0,0 \\ w_{net,fin} &= 1,3 \text{ mm} \\ w_{net,fin} &< L / 350 \\ w_{net,fin} &< 1,8 \text{ mm} \quad \text{nosník vyhovuje na konečný průhyb}\end{aligned}$$

Statické posouzení dřevěného nosníku na ohyb, smyk a průhyb

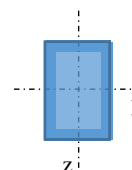
Podlahový trám - KVH

Materiálové charakteristiky

$E_{0,mean} =$	11,00 GPa	průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny
$f_{m,k} =$	24,00 MPa	charakteristická pevnost v ohybu
$f_{v,k} =$	4,00 MPa	charakteristická pevnost ve smyku
$k_{mod} =$	0,70	modifikační součinitel vlivu trvání zatížení a vlhkosti
$k_m =$	0,70	součinitel vlivu redistribuce ohybových napětí
$k_{cr} =$	0,67	součinitel vlivu výsušných trhlin
$f_{m,d} =$	$k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$	návrhová pevnost v ohybu
$\gamma_M =$	1,30	bezpečnostní součinitel
$f_{m,d} =$	12,92 MPa	návrhová pevnost v ohybu
$f_{v,d} =$	$k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$	návrhová pevnost ve smyku
$f_{v,d} =$	2,15 MPa	návrhová pevnost ve smyku

Charakteristiky průřezu a schéma

$b =$	60 mm	šířka průřezu
$h =$	180 mm	výška průřezu
$b_{ef} =$	$k_{cr} \cdot b$	efektivní šířka průřezu
$b_{ef} =$	40,20 mm	efektivní šířka průřezu
$A_{ef} =$	$b_{ef} \cdot h$	efektivní plocha průřezu
$A_{ef} =$	7236 mm ²	efektivní plocha průřezu
$I_y =$	$1/12 \cdot b \cdot h^3$	moment setrvačnosti k ose y
$I_y =$	2,916E+07 mm ⁴	moment setrvačnosti k ose y
$I_z =$	$1/12 \cdot b^3 \cdot h$	moment setrvačnosti k ose z
$I_z =$	3,240E+06 mm ⁴	moment setrvačnosti k ose z
$W_y =$	$1/6 \cdot b \cdot h^2$	průřezový modul k ose y
$W_y =$	3,240E+05 mm ³	průřezový modul k ose y
$W_z =$	$1/6 \cdot b^2 \cdot h$	průřezový modul k ose z
$W_z =$	1,080E+05 mm ³	průřezový modul k ose z



Zatížení průřezu

$M_{y,d} =$	1,803 kNm	moment k ose y (návrhová hodnota)
$V_{z,d} =$	3,017 kN	posouvající síla ve směru osy z (návrhová hodnota)
$M_{z,d} =$	0,000 kNm	moment k ose z (návrhová hodnota)
$V_{y,d} =$	0,000 kN	posouvající síla ve směru osy y (návrhová hodnota)

Normálová napětí za ohybu (nosník je po celé délce zajištěn proti příčné a torzní nestabilitě)

$$\begin{aligned}\sigma_{m,y,d} &= M_{y,d} / W_y \\ \sigma_{m,y,d} &= 5,56 \text{ MPa} \\ \sigma_{m,y,d} &< f_{m,d} \\ \sigma_{m,y,d} &< 12,92 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje na ohyb kolem osy y} \\ \sigma_{m,z,d} &= M_{z,d} / W_z \\ \sigma_{m,z,d} &= 0,00 \text{ MPa} \\ \sigma_{m,z,d} &< f_{m,d} \\ \sigma_{m,z,d} &< 12,92 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje na ohyb kolem osy z} \\ k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,d} &< 1 \\ 0,30 &< 1 \quad \text{vyhovuje} \\ \sigma_{m,y,d} / f_{m,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d} / f_{m,d} &< 1 \\ 0,43 &< 1 \quad \text{vyhovuje} \\ &\text{nosník vyhovuje na ohyb}\end{aligned}$$

Smyková napětí

$$\begin{aligned}\tau_{v,z,d} &= 3 \cdot V_{z,d} / 2 \cdot A_{ef} \\ \tau_{v,z,d} &= 0,63 \text{ MPa} \\ \tau_{v,y,d} &= 3 \cdot V_{y,d} / 2 \cdot A_{ef} \\ \tau_{v,y,d} &= 0,00 \text{ MPa} \\ \tau_{v,d} &= (\tau_{v,z,d}^2 + \tau_{v,y,d}^2)^{0,5} \\ \tau_{v,d} &= 0,63 \text{ MPa} \\ \tau_{v,d} &< f_{v,d} \\ \tau_{v,d} &< 2,15 \text{ MPa} \quad \text{nosník vyhovuje na smyk}\end{aligned}$$

Průhyb

$$\begin{aligned}L &= 2390 \text{ mm} \\ w_{g,k,inst} &= 0,204 / (E_{0,mean} \cdot I_y) \\ w_{g,k,inst} &= 0,6 \text{ mm} \\ w_{q,k,inst} &= 0,531 / (E_{0,mean} \cdot I_y) \\ w_{q,k,inst} &= 1,7 \text{ mm} \\ w_{inst} &= w_{g,k,inst} + w_{q,k,inst} \\ w_{inst} &= 2,3 \text{ mm} \\ w_{inst} &< L / 500 \\ w_{inst} &< 4,8 \text{ mm} \quad \text{nosník vyhovuje na okamžitý průhyb} \\ w_{net,fin} &= w_{g,k,inst} \cdot (1 + k_{1,def}) + w_{q,k,inst} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{2,def}) \\ k_{1,def} &= 0,6 \\ k_{2,def} &= 0,6 \\ \psi_{2,1} &= 0,0 \\ w_{net,fin} &= 2,7 \text{ mm} \\ w_{net,fin} &< L / 350 \\ w_{net,fin} &< 6,8 \text{ mm} \quad \text{nosník vyhovuje na konečný průhyb}\end{aligned}$$

Statické posouzení dřevěného nosníku na ohyb, smyk a průhyb

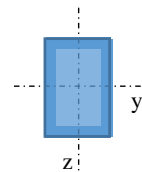
Stropní trám - KVH

Materiálové charakteristiky

$E_{0,mean} =$	11,00 GPa	průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny
$f_{m,k} =$	24,00 MPa	charakteristická pevnost v ohybu
$f_{v,k} =$	4,00 MPa	charakteristická pevnost ve smyku
$k_{mod} =$	0,70	modifikační součinitel vlivu trvání zatížení a vlhkosti
$k_m =$	0,70	součinitel vlivu redistribuce ohybových napětí
$k_{cr} =$	0,67	součinitel vlivu výsušných trhlin
$f_{m,d} =$	$k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$	návrhová pevnost v ohybu
$\gamma_M =$	1,30	bezpečnostní součinitel
$f_{m,d} =$	12,92 MPa	návrhová pevnost v ohybu
$f_{v,d} =$	$k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$	návrhová pevnost ve smyku
$f_{v,d} =$	2,15 MPa	návrhová pevnost ve smyku

Charakteristiky průřezu a schéma

$b =$	60 mm	šířka průřezu
$h =$	140 mm	výška průřezu
$b_{ef} =$	$k_{cr} \cdot b$	efektivní šířka průřezu
$b_{ef} =$	40,20 mm	efektivní šířka průřezu
$A_{ef} =$	$b_{ef} \cdot h$	efektivní plocha průřezu
$A_{ef} =$	5628 mm ²	efektivní plocha průřezu
$I_y =$	$1/12 \cdot b \cdot h^3$	moment setrvačnosti k ose y
$I_y =$	1,372E+07 mm ⁴	moment setrvačnosti k ose y
$I_z =$	$1/12 \cdot b^3 \cdot h$	moment setrvačnosti k ose z
$I_z =$	2,520E+06 mm ⁴	moment setrvačnosti k ose z
$W_y =$	$1/6 \cdot b \cdot h^2$	průřezový modul k ose y
$W_y =$	1,960E+05 mm ³	průřezový modul k ose y
$W_z =$	$1/6 \cdot b^2 \cdot h$	průřezový modul k ose z
$W_z =$	8,400E+04 mm ³	průřezový modul k ose z



Zatížení průřezu

$M_{y,d} =$	0,295 kNm	moment k ose y (návrhová hodnota)
$V_{z,d} =$	0,493 kN	posouvající síla ve směru osy z (návrhová hodnota)
$M_{z,d} =$	0,000 kNm	moment k ose z (návrhová hodnota)
$V_{y,d} =$	0,000 kN	posouvající síla ve směru osy y (návrhová hodnota)

Normálová napětí za ohybu (nosník je po celé délce zajištěn proti příčné a torzní nestabilitě)

$$\begin{aligned}\sigma_{m,y,d} &= M_{y,d} / W_y \\ \sigma_{m,y,d} &= 1,51 \text{ MPa} \\ \sigma_{m,y,d} &< f_{m,d} \\ \sigma_{m,y,d} &< 12,92 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje na ohyb kolem osy y} \\ \sigma_{m,z,d} &= M_{z,d} / W_z \\ \sigma_{m,z,d} &= 0,00 \text{ MPa} \\ \sigma_{m,z,d} &< f_{m,d} \\ \sigma_{m,z,d} &< 12,92 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje na ohyb kolem osy z} \\ k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,d} &< 1 \\ &0,08 < 1 \quad \text{vyhovuje} \\ \sigma_{m,y,d} / f_{m,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d} / f_{m,d} &< 1 \\ &0,12 < 1 \quad \text{vyhovuje} \\ &\text{nosník vyhovuje na ohyb}\end{aligned}$$

Smyková napětí

$$\begin{aligned}\tau_{v,z,d} &= 3 \cdot V_{z,d} / 2 \cdot A_{ef} \\ \tau_{v,z,d} &= 0,13 \text{ MPa} \\ \tau_{v,y,d} &= 3 \cdot V_{y,d} / 2 \cdot A_{ef} \\ \tau_{v,y,d} &= 0,00 \text{ MPa} \\ \tau_{v,d} &= (\tau_{v,z,d}^2 + \tau_{v,y,d}^2)^{0,5} \\ \tau_{v,d} &= 0,13 \text{ MPa} \\ \tau_{v,d} &< f_{v,d} \\ \tau_{v,d} &< 2,15 \text{ MPa} \quad \text{nosník vyhovuje na smyk}\end{aligned}$$

Průhyb

$$\begin{aligned}L &= 2390 \text{ mm} \\ w_{g,k,inst} &= 0,130 / (E_{0,mean} \cdot I_y) \\ w_{g,k,inst} &= 0,9 \text{ mm} \\ w_{q,k,inst} &= 0,000 / (E_{0,mean} \cdot I_y) \\ w_{q,k,inst} &= 0,0 \text{ mm} \\ w_{inst} &= w_{g,k,inst} + w_{q,k,inst} \\ w_{inst} &= 0,9 \text{ mm} \\ w_{inst} &< L / 500 \\ w_{inst} &< 4,8 \text{ mm} \quad \text{nosník vyhovuje na okamžitý průhyb} \\ w_{net,fin} &= w_{g,k,inst} \cdot (1 + k_{1,def}) + w_{q,k,inst} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{2,def}) \\ k_{1,def} &= 0,6 \\ k_{2,def} &= 0,6 \\ \psi_{2,1} &= 0,0 \\ w_{net,fin} &= 1,4 \text{ mm} \\ w_{net,fin} &< L / 350 \\ w_{net,fin} &< 6,8 \text{ mm} \quad \text{nosník vyhovuje na konečný průhyb}\end{aligned}$$

Statické posouzení dřevěného nosníku na ohyb, smyk a průhyb

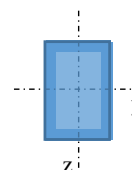
Stropní trám - KVH

Materiálové charakteristiky

$E_{0,mean} =$	11,00 GPa	průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny
$f_{m,k} =$	24,00 MPa	charakteristická pevnost v ohybu
$f_{v,k} =$	4,00 MPa	charakteristická pevnost ve smyku
$k_{mod} =$	0,70	modifikační součinitel vlivu trvání zatížení a vlhkosti
$k_m =$	0,70	součinitel vlivu redistribuce ohybových napětí
$k_{cr} =$	0,67	součinitel vlivu výsušných trhlin
$f_{m,d} =$	$k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$	návrhová pevnost v ohybu
$\gamma_M =$	1,30	bezpečnostní součinitel
$f_{m,d} =$	12,92 MPa	návrhová pevnost v ohybu
$f_{v,d} =$	$k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$	návrhová pevnost ve smyku
$f_{v,d} =$	2,15 MPa	návrhová pevnost ve smyku

Charakteristiky průřezu a schéma

$b =$	60 mm	šířka průřezu
$h =$	140 mm	výška průřezu
$b_{ef} =$	$k_{cr} \cdot b$	efektivní šířka průřezu
$b_{ef} =$	40,20 mm	efektivní šířka průřezu
$A_{ef} =$	$b_{ef} \cdot h$	efektivní plocha průřezu
$A_{ef} =$	5628 mm ²	efektivní plocha průřezu
$I_y =$	$1/12 \cdot b \cdot h^3$	moment setrvačnosti k ose y
$I_y =$	1,372E+07 mm ⁴	moment setrvačnosti k ose y
$I_z =$	$1/12 \cdot b^3 \cdot h$	moment setrvačnosti k ose z
$I_z =$	2,520E+06 mm ⁴	moment setrvačnosti k ose z
$W_y =$	$1/6 \cdot b \cdot h^2$	průřezový modul k ose y
$W_y =$	1,960E+05 mm ³	průřezový modul k ose y
$W_z =$	$1/6 \cdot b^2 \cdot h$	průřezový modul k ose z
$W_z =$	8,400E+04 mm ³	průřezový modul k ose z



Zatížení průřezu

$M_{y,d} =$	0,340 kNm	moment k ose y (návrhová hodnota)
$V_{z,d} =$	0,493 kN	posouvající síla ve směru osy z (návrhová hodnota)
$M_{z,d} =$	0,000 kNm	moment k ose z (návrhová hodnota)
$V_{y,d} =$	0,000 kN	posouvající síla ve směru osy y (návrhová hodnota)

Normálová napětí za ohybu (nosník je po celé délce zajištěn proti příčné a torzní nestabilitě)

$$\begin{aligned}\sigma_{m,y,d} &= M_{y,d} / W_y \\ \sigma_{m,y,d} &= 1,73 \text{ MPa} \\ \sigma_{m,y,d} &< f_{m,d} \\ \sigma_{m,y,d} &< 12,92 \text{ MPa} && \text{vyhovuje na ohyb kolem osy y} \\ \sigma_{m,z,d} &= M_{z,d} / W_z \\ \sigma_{m,z,d} &= 0,00 \text{ MPa} \\ \sigma_{m,z,d} &< f_{m,d} \\ \sigma_{m,z,d} &< 12,92 \text{ MPa} && \text{vyhovuje na ohyb kolem osy z} \\ k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,d} &< 1 \\ &0,09 < 1 && \text{vyhovuje} \\ \sigma_{m,y,d} / f_{m,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d} / f_{m,d} &< 1 \\ &0,13 < 1 && \text{vyhovuje} \\ &&& \text{nosník vyhovuje na ohyb}\end{aligned}$$

Smyková napětí

$$\begin{aligned}\tau_{v,z,d} &= 3 \cdot V_{z,d} / 2 \cdot A_{ef} \\ \tau_{v,z,d} &= 0,13 \text{ MPa} \\ \tau_{v,y,d} &= 3 \cdot V_{y,d} / 2 \cdot A_{ef} \\ \tau_{v,y,d} &= 0,00 \text{ MPa} \\ \tau_{v,d} &= (\tau_{v,z,d}^2 + \tau_{v,y,d}^2)^{0,5} \\ \tau_{v,d} &= 0,13 \text{ MPa} \\ \tau_{v,d} &< f_{v,d} \\ \tau_{v,d} &< 2,15 \text{ MPa} && \text{nosník vyhovuje na smyk}\end{aligned}$$

Průhyb

$$\begin{aligned}L &= 2760 \text{ mm} \\ w_{g,k,inst} &= 0,200 / (E_{0,mean} \cdot I_y) \\ w_{g,k,inst} &= 1,3 \text{ mm} \\ w_{q,k,inst} &= 0,000 / (E_{0,mean} \cdot I_y) \\ w_{q,k,inst} &= 0,0 \text{ mm} \\ w_{inst} &= w_{g,k,inst} + w_{q,k,inst} \\ w_{inst} &= 1,3 \text{ mm} \\ w_{inst} &< L / 500 \\ w_{inst} &< 5,5 \text{ mm} && \text{nosník vyhovuje na okamžitý průhyb} \\ w_{net,fin} &= w_{g,k,inst} \cdot (1 + k_{1,def}) + w_{q,k,inst} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{2,def}) \\ k_{1,def} &= 0,6 \\ k_{2,def} &= 0,6 \\ \psi_{2,1} &= 0,0 \\ w_{net,fin} &= 2,1 \text{ mm} \\ w_{net,fin} &< L / 350 \\ w_{net,fin} &< 7,9 \text{ mm} && \text{nosník vyhovuje na konečný průhyb}\end{aligned}$$

Statické posouzení dřevěného nosníku na ohyb, smyk a průhyb

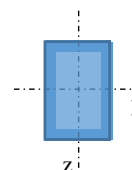
Dřevěný podlahový trám

Materiálové charakteristiky

$E_{0,mean} =$	11,00 GPa	průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny
$f_{m,k} =$	24,00 MPa	charakteristická pevnost v ohybu
$f_{v,k} =$	4,00 MPa	charakteristická pevnost ve smyku
$k_{mod} =$	0,70	modifikační součinitel vlivu trvání zatížení a vlhkosti
$k_m =$	0,70	součinitel vlivu redistribuce ohybových napětí
$k_{cr} =$	0,67	součinitel vlivu výsušných trhlin
$f_{m,d} =$	$k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$	návrhová pevnost v ohybu
$\gamma_M =$	1,30	bezpečnostní součinitel
$f_{m,d} =$	12,92 MPa	návrhová pevnost v ohybu
$f_{v,d} =$	$k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$	návrhová pevnost ve smyku
$f_{v,d} =$	2,15 MPa	návrhová pevnost ve smyku

Charakteristiky průřezu a schéma

$b =$	60 mm	šířka průřezu
$h =$	140 mm	výška průřezu
$b_{ef} =$	$k_{cr} \cdot b$	efektivní šířka průřezu
$b_{ef} =$	40,20 mm	efektivní šířka průřezu
$A_{ef} =$	$b_{ef} \cdot h$	efektivní plocha průřezu
$A_{ef} =$	5628 mm ²	efektivní plocha průřezu
$I_y =$	$1/12 \cdot b \cdot h^3$	moment setrvačnosti k ose y
$I_y =$	1,372E+07 mm ⁴	moment setrvačnosti k ose y
$I_z =$	$1/12 \cdot b^3 \cdot h$	moment setrvačnosti k ose z
$I_z =$	2,520E+06 mm ⁴	moment setrvačnosti k ose z
$W_y =$	$1/6 \cdot b \cdot h^2$	průřezový modul k ose y
$W_y =$	1,960E+05 mm ³	průřezový modul k ose y
$W_z =$	$1/6 \cdot b^2 \cdot h$	průřezový modul k ose z
$W_z =$	8,400E+04 mm ³	průřezový modul k ose z



Zatížení průřezu

$M_{y,d} =$	1,166 kNm	moment k ose y (návrhová hodnota)
$V_{z,d} =$	4,041 kN	posouvající síla ve směru osy z (návrhová hodnota)
$M_{z,d} =$	0,000 kNm	moment k ose z (návrhová hodnota)
$V_{y,d} =$	0,000 kN	posouvající síla ve směru osy y (návrhová hodnota)

Normálová napětí za ohybu (nosník je po celé délce zajištěn proti příčné a torzní nestabilitě)

$$\begin{aligned}\sigma_{m,y,d} &= M_{y,d} / W_y \\ \sigma_{m,y,d} &= 5,95 \text{ MPa} \\ \sigma_{m,y,d} &< f_{m,d} \\ \sigma_{m,y,d} &< 12,92 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje na ohyb kolem osy y} \\ \sigma_{m,z,d} &= M_{z,d} / W_z \\ \sigma_{m,z,d} &= 0,00 \text{ MPa} \\ \sigma_{m,z,d} &< f_{m,d} \\ \sigma_{m,z,d} &< 12,92 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje na ohyb kolem osy z} \\ k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,d} &< 1 \\ 0,32 &< 1 \quad \text{vyhovuje} \\ \sigma_{m,y,d} / f_{m,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d} / f_{m,d} &< 1 \\ 0,46 &< 1 \quad \text{vyhovuje} \\ &\text{nosník vyhovuje na ohyb}\end{aligned}$$

Smyková napětí

$$\begin{aligned}\tau_{v,z,d} &= 3 \cdot V_{z,d} / 2 \cdot A_{ef} \\ \tau_{v,z,d} &= 1,08 \text{ MPa} \\ \tau_{v,y,d} &= 3 \cdot V_{y,d} / 2 \cdot A_{ef} \\ \tau_{v,y,d} &= 0,00 \text{ MPa} \\ \tau_{v,d} &= (\tau_{v,z,d}^2 + \tau_{v,y,d}^2)^{0,5} \\ \tau_{v,d} &= 1,08 \text{ MPa} \\ \tau_{v,d} &< f_{v,d} \\ \tau_{v,d} &< 2,15 \text{ MPa} \quad \text{nosník vyhovuje na smyk}\end{aligned}$$

Průhyb

$$\begin{aligned}L &= 2887 \text{ mm} \\ w_{g,k,inst} &= 0,074 / (E_{0,mean} \cdot I_y) \\ w_{g,k,inst} &= 0,5 \text{ mm} \\ w_{q,k,inst} &= 0,203 / (E_{0,mean} \cdot I_y) \\ w_{q,k,inst} &= 1,3 \text{ mm} \\ w_{inst} &= w_{g,k,inst} + w_{q,k,inst} \\ w_{inst} &= 1,8 \text{ mm} \\ w_{inst} &< L / 500 \\ w_{inst} &< 5,8 \text{ mm} \quad \text{nosník vyhovuje na okamžitý průhyb} \\ w_{net,fin} &= w_{g,k,inst} \cdot (1 + k_{1,def}) + w_{q,k,inst} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{2,def}) \\ k_{1,def} &= 0,6 \\ k_{2,def} &= 0,6 \\ \psi_{2,1} &= 0,0 \\ w_{net,fin} &= 2,1 \text{ mm} \\ w_{net,fin} &< L / 350 \\ w_{net,fin} &< 8,2 \text{ mm} \quad \text{nosník vyhovuje na konečný průhyb}\end{aligned}$$



PŘÍLOHA 4 – Výpočet součinitele prostupu tepla plošných konstrukcí

NÁZEV KONSTRUKCE		Stěna vnější - provětrávaná fasáda					
KLASIFIKACE KONSTRUKCE		Stěna vnější					
SKLADBA KONSTRUKCE (POŘADÍ Z INTERIÉRU DO EXTERIÉRU)		TLOUŠŤKA	TEPELNÁ VODIVOST	TEPELNÁ KAPACITA	OBJEMOVÁ HMOTNOST	DIFUZNÍ ODPOR	TEPELNÝ ODPOR
ČÍSLO	NÁZEV	d [m]	λ_u [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	c_d [J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	ρ_v [kg·m ⁻³]	μ_d [-]	R [m ² ·K·W ⁻¹]
1	Sádrovláknitá deska	0,0125	0,320	1100	1150	13	0,039
2	Dřevovláknitá izolace + dřevěné sloupky	0,0400	0,053	2100	50	1	0,761
3	OSB deska	0,0150	0,130	1700	600	50	0,115
4	Minerální izolace + dřevěné sloupky	0,0800	0,049	960	15	1	1,635
5	Minerální izolace + příložky OSB	0,1400	0,036	960	15	1	3,915
6	Minerální izolace + dřevěné sloupky	0,0400	0,049	960	15	1	0,818
7	Dřevovláknitá deska	0,0240	0,048	2100	270	5	0,500
8	Vzduchová mezera + dřevěné sloupky	0,0400					
9	Dřevěný obklad fasády	0,0160					
10							
CELKEM		0,4075					7,784

OKRAJOVÉ PODMÍNKY PRO VÝPOČET SOUČinitele PROSTUPU TEPLA			
TEPELNÝ ODPOR PŘI PŘESTUPU TEPLA (PRO VÝPOČTY ŠÍŘENÍ TEPLA)	NA VNITŘNÍ STRANĚ KONSTRUKCE	$R_{si} =$	0,13 m ² ·K·W ⁻¹
	NA VNĚJŠÍ STRANĚ KONSTRUKCE	$R_{se} =$	0,13 m ² ·K·W ⁻¹

KOREKČNÍ ČINITEL ZOHLEDŇUJÍCÍ NEHOMOGENITU SKLADBY KONSTRUKCE	$\Delta U =$	0,02 W·m ² ·K ⁻¹
---	--------------	--

SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA KONSTRUKCÍ		$U =$	0,14 W·m ² ·K ⁻¹
POŽADOVANÁ HODNOTA	$U_{N,20} =$	0,30 W·m ² ·K ⁻¹	vyhovuje
DOPORUČENÁ HODNOTA	$U_{rec,20} =$	0,20 W·m ² ·K ⁻¹	vyhovuje
DOPORUČENÁ HODNOTA PRO PASIVNÍ DOMY	$U_{pas,20,horní} =$	0,18 W·m ² ·K ⁻¹	vyhovuje
DOPORUČENÁ HODNOTA PRO PASIVNÍ DOMY	$U_{pas,20,dolní} =$	0,12 W·m ² ·K ⁻¹	nevyhovuje

VÝPOČET EKVIVALENTNÍ TEPELNÉ VODIVOSTI VRSTVY							
VRSTVA		MATERIÁL 1		MATERIÁL 2		ROZDÍL	CELKEM
ČÍSLO	NÁZEV	A_1 [%]	$\lambda_{u,1}$ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	A_2 [%]	$\lambda_{u,2}$ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	$\lambda_u - \lambda_{u,1}$ [%]	λ_u [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
2	Dřevovláknitá izolace + dřevěné sloupky	90,4	0,039	9,6	0,180	34,7	0,053
4	Minerální izolace + dřevěné sloupky	90,4	0,035	9,6	0,180	39,8	0,049
5	Minerální izolace + příložky OSB	99,2	0,035	0,8	0,130	2,2	0,036
6	Minerální izolace + dřevěné sloupky	90,4	0,035	9,6	0,180	39,8	0,049



NÁZEV KONSTRUKCE		Podlaha nad terénem					
KLASIFIKACE KONSTRUKCE		Strop s podlahou nad venkovním prostorem					
SKLADBA KONSTRUKCE (POŘADÍ Z INTERIÉRU DO EXTERIÉRU)		TLOUŠŤKA	TEPELNÁ VODIVOST	TEPELNÁ KAPACITA	OBJEMOVÁ HMOTNOST	DIFUZNÍ ODPOR	TEPELNÝ ODPOR
ČÍSLO	NÁZEV	d [m]	λ_u [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	c_d [J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	ρ_v [kg·m ⁻³]	μ_d [-]	R [m ² ·K·W ⁻¹]
1	Dřevěná podlaha	0,0100	0,220	2510	600	50	0,045
2	Dřevovláknitá akustická izolace	0,0050	0,070	2100	250	5	0,071
3	Sádrovláknitá deska	0,0200	0,320	1100	1150	13	0,063
4	Dřevovláknitá akustická izolace	0,0200	0,050	2100	250	5	0,400
5	OSB deska	0,0220	0,130	1700	600	50	0,169
6	Minerální izolace + dřevěné trámy	0,1800	0,049	960	15	1	3,679
7	Vzduchová mezera	0,0100	0,067	1000	1	1	0,149
8	Minerální izolace	0,0800	0,035	960	15	1	2,286
9	Minerální izolace + dřevěný rošt	0,1000	0,049	960	15	1	2,044
10	Cementotřísková deska	0,0120	0,245	1580	1350	15	0,049
CELKEM		0,4590					8,956

OKRAJOVÉ PODMÍNKY PRO VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA				
TEPELNÝ ODPOR PŘI PŘESTUPU TEPLA (PRO VÝPOČTY ŠÍŘENÍ TEPLA)	NA VNITŘNÍ STRANĚ KONSTRUKCE	$R_{si} =$	0,17	m ² ·K·W ⁻¹
	NA VNĚJŠÍ STRANĚ KONSTRUKCE	$R_{se} =$	0,04	m ² ·K·W ⁻¹

KOREKČNÍ ČINITEL ZOHLEDŇUJÍCÍ NEHOMOGENITU SKLADBY KONSTRUKCE	$\Delta U =$	0,02	W·m ⁻² ·K ⁻¹
---	--------------	------	------------------------------------

SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA KONSTRUKCÍ		$U =$	0,13	W·m ⁻² ·K ⁻¹
POŽADOVANÁ HODNOTA	$U_{N,20} =$	0,24	W·m ⁻² ·K ⁻¹	vyhovuje
DOPORUČENÁ HODNOTA	$U_{rec,20} =$	0,16	W·m ⁻² ·K ⁻¹	vyhovuje
DOPORUČENÁ HODNOTA PRO PASIVNÍ DOMY	$U_{pas,20,horní} =$	0,15	W·m ⁻² ·K ⁻¹	vyhovuje
DOPORUČENÁ HODNOTA PRO PASIVNÍ DOMY	$U_{pas,20,dolní} =$	0,10	W·m ⁻² ·K ⁻¹	nevyhovuje

VÝPOČET EKVALENTNÍ TEPELNÉ VODIVOSTI VRSTVY							
VRSTVA		MATERIÁL 1		MATERIÁL 2		ROZDÍL	CELKEM
ČÍSLO	NÁZEV	A_1 [%]	$\lambda_{u,1}$ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	A_2 [%]	$\lambda_{u,2}$ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	$\lambda_u - \lambda_{u,1}$ [%]	λ_u [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
6	Minerální izolace + dřevěné trámy	90,4	0,035	9,6	0,180	39,8	0,049
9	Minerální izolace + dřevěný rošt	90,4	0,035	9,6	0,180	39,8	0,049



NÁZEV KONSTRUKCE		Střecha šikmá dvouplášťová					
KLASIFIKACE KONSTRUKCE		Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně					
SKLADBA KONSTRUKCE (POŘADÍ Z INTERIÉRU DO EXTERIÉRU)		TLOUŠŤKA	TEPELNÁ VODIVOST	TEPELNÁ KAPACITA	OBJEMOVÁ HMOTNOST	DIFUZNÍ ODPOR	TEPELNÝ ODPOR
ČÍSLO	NÁZEV	d [m]	λ_u [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	c_d [J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	ρ_v [kg·m ⁻³]	μ_d [-]	R [m ² ·K·W ⁻¹]
1	Sádrovláknitá deska	0,0125	0,320	1100	1150	13	0,039
2	Minerální izolace + dřevěný rošt	0,0400	0,052	2100	50	1	0,763
3	OSB deska	0,0150	0,130	1700	600	50	0,115
4	Minerální izolace + dřevěné trámy	0,1400	0,049	960	15	1	2,862
5	Minerální izolace	0,0400	0,035	960	15	1	1,143
6	Minerální izolace + dřevěné krokve	0,1400	0,049	960	15	1	2,862
7	Dřevovláknitá deska	0,0240	0,048	2100	270	5	0,500
8	Vzduchová mezera + dřevěné kontralatě	0,0400					
9	OSB deska	0,0160					
10	Plechová krytina + distanční pásy	0,0050					
CELKEM		0,4725					8,284

OKRAJOVÉ PODMÍNKY PRO VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA			
TEPELNÝ ODPOR PŘI PŘESTUPU TEPLA (PRO VÝPOČTY ŠÍŘENÍ TEPLA)	NA VNITŘNÍ STRANĚ KONSTRUKCE	$R_{si} =$	0,10 m ² ·K·W ⁻¹
	NA VNĚJŠÍ STRANĚ KONSTRUKCE	$R_{se} =$	0,10 m ² ·K·W ⁻¹

KOREKČNÍ ČINITEL ZOHLEDŇUJÍCÍ NEHOMOGENITU SKLADBY KONSTRUKCE	$\Delta U =$	0,02 W·m ⁻² ·K ⁻¹
---	--------------	---

SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA KONSTRUKCÍ		$U =$	0,14 W·m ⁻² ·K ⁻¹
POŽADOVANÁ HODNOTA	$U_{N,20} =$	0,24 W·m ⁻² ·K ⁻¹	vyhovuje
DOPORUČENÁ HODNOTA	$U_{rec,20} =$	0,16 W·m ⁻² ·K ⁻¹	vyhovuje
DOPORUČENÁ HODNOTA PRO PASIVNÍ DOMY	$U_{pas,20,horní} =$	0,15 W·m ⁻² ·K ⁻¹	vyhovuje
DOPORUČENÁ HODNOTA PRO PASIVNÍ DOMY	$U_{pas,20,dolní} =$	0,10 W·m ⁻² ·K ⁻¹	nevyhovuje

VÝPOČET EKVIVALENTNÍ TEPELNÉ VODIVOSTI VRSTVY							
VRSTVA		MATERIÁL 1		MATERIÁL 2		ROZDÍL	CELKEM
ČÍSLO	NÁZEV	A_1 [%]	$\lambda_{u,1}$ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	A_2 [%]	$\lambda_{u,2}$ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	$\lambda_u - \lambda_{u,1}$ [%]	λ_u [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
2	Minerální izolace + dřevěný rošt	88	0,035	12,0	0,180	49,7	0,052
4	Minerální izolace + dřevěné trámy	90,4	0,035	9,6	0,180	39,8	0,049
6	Minerální izolace + dřevěné krokve	90,4	0,035	9,6	0,180	39,8	0,049



NÁZEV KONSTRUKCE		Příčka 100 mm					
KLASIFIKACE KONSTRUKCE		Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně					
SKLADBA KONSTRUKCE (POŘADÍ Z INTERIÉRU DO EXTERIÉRU)		TLOUŠŤKA	TEPELNÁ VODIVOST	TEPELNÁ KAPACITA	OBJEMOVÁ HMOTNOST	DIFUZNÍ ODPOR	TEPELNÝ ODPOR
ČÍSLO	NÁZEV	d [m]	λ_u [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	c_d [J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	ρ_v [kg·m ⁻³]	μ_d [-]	R [m ² ·K·W ⁻¹]
1	Sádrovláknitá deska	0,0125	0,320	1100	1150	13	0,039
2	Dřevovláknitá izolace + ocelové profily	0,0750	0,139	2100	50	1	0,540
3	Sádrovláknitá deska	0,0125	0,320	1100	1150	13	0,039
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
CELKEM		0,1000					0,618

OKRAJOVÉ PODMÍNKY PRO VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA			
TEPELNÝ ODPOR PŘI PŘESTUPU TEPLA (PRO VÝPOČTY ŠÍŘENÍ TEPLA)	NA VNITŘNÍ STRANĚ KONSTRUKCE	$R_{si} =$	0,13 m ² ·K·W ⁻¹
	NA VNĚJŠÍ STRANĚ KONSTRUKCE	$R_{se} =$	0,13 m ² ·K·W ⁻¹

KOREKČNÍ ČINITEL ZOHLEDŇUJÍCÍ NEHOMOGENITU SKLADBY KONSTRUKCE	$\Delta U =$	0,02	W·m ⁻² ·K ⁻¹
---	--------------	------	------------------------------------

SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA KONSTRUKCÍ		$U =$		1,16	W·m ⁻² ·K ⁻¹
POŽADOVANÁ HODNOTA	$U_{N,20} =$	2,70	W·m ⁻² ·K ⁻¹	vyhovuje	
DOPORUČENÁ HODNOTA	$U_{rec,20} =$	1,80	W·m ⁻² ·K ⁻¹	vyhovuje	
DOPORUČENÁ HODNOTA PRO PASIVNÍ DOMY	$U_{pas,20,horní} =$	1,80	W·m ⁻² ·K ⁻¹	vyhovuje	
DOPORUČENÁ HODNOTA PRO PASIVNÍ DOMY	$U_{pas,20,dolní} =$	1,80	W·m ⁻² ·K ⁻¹	vyhovuje	

VÝPOČET EKVIvalENTNÍ TEPELNÉ VODIVOSTI VRSTVY							
VRSTVA		MATERIÁL 1		MATERIÁL 2		ROZDÍL	CELKEM
ČÍSLO	NÁZEV	A ₁ [%]	$\lambda_{u,1}$ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	A ₂ [%]	$\lambda_{u,2}$ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	$\lambda_u - \lambda_{u,1}$ [%]	λ_u [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
2	Dřevovláknitá izolace + ocelové profily	99,8	0,039	0,2	50,000	256,2	0,139



NÁZEV KONSTRUKCE		Příčka 150 mm					
KLASIFIKACE KONSTRUKCE		Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně					
SKLADBA KONSTRUKCE (POŘADÍ Z INTERIÉRU DO EXTERIÉRU)		TLOUŠŤKA	TEPELNÁ VODIVOST	TEPELNÁ KAPACITA	OBJEMOVÁ HMOTNOST	DIFUZNÍ ODPOR	TEPELNÝ ODPOR
ČÍSLO	NÁZEV	d [m]	λ_u [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	c_d [J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	ρ_v [kg·m ⁻³]	μ_d [-]	R [m ² ·K·W ⁻¹]
1	Sádrovláknitá deska	0,0125	0,320	1100	1150	13	0,039
2	Dřevovláknitá izolace + ocelové profily	0,1250	0,139	2100	50	1	0,900
3	Sádrovláknitá deska	0,0125	0,320	1100	1150	13	0,039
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
CELKEM		0,1500					0,978

OKRAJOVÉ PODMÍNKY PRO VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA			
TEPELNÝ ODPOR PŘI PŘESTUPU TEPLA (PRO VÝPOČTY ŠÍŘENÍ TEPLA)	NA VNITŘNÍ STRANĚ KONSTRUKCE	$R_{si} =$	0,13 m ² ·K·W ⁻¹
	NA VNĚJŠÍ STRANĚ KONSTRUKCE	$R_{se} =$	0,13 m ² ·K·W ⁻¹

KOREKČNÍ ČINITEL ZOHLEDŇUJÍCÍ NEHOMOGENITU SKLADBY KONSTRUKCE	$\Delta U =$	0,02 W·m ⁻² ·K ⁻¹
---	--------------	---

SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA KONSTRUKCÍ		$U =$	0,83 W·m ⁻² ·K ⁻¹
POŽADOVANÁ HODNOTA	$U_{N,20} =$	2,70 W·m ⁻² ·K ⁻¹	vyhovuje
DOPORUČENÁ HODNOTA	$U_{rec,20} =$	1,80 W·m ⁻² ·K ⁻¹	vyhovuje
DOPORUČENÁ HODNOTA PRO PASIVNÍ DOMY	$U_{pas,20,horní} =$	1,80 W·m ⁻² ·K ⁻¹	vyhovuje
DOPORUČENÁ HODNOTA PRO PASIVNÍ DOMY	$U_{pas,20,dolní} =$	1,80 W·m ⁻² ·K ⁻¹	vyhovuje

VÝPOČET EKVIVALENTNÍ TEPELNÉ VODIVOSTI VRSTVY							
VRSTVA		MATERIÁL 1		MATERIÁL 2		ROZDÍL	CELKEM
ČÍSLO	NÁZEV	A_1 [%]	$\lambda_{u,1}$ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	A_2 [%]	$\lambda_{u,2}$ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	$\lambda_u - \lambda_{u,1}$ [%]	λ_u [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
2	Dřevovláknitá izolace + ocelové profily	99,8	0,039	0,2	50,000	256,2	0,139



NÁZEV KONSTRUKCE		Strop vnitřní					
KLASIFIKACE KONSTRUKCE		Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně					
SKLADBA KONSTRUKCE (POŘADÍ Z INTERIÉRU DO EXTERIÉRU)		TLOUŠŤKA	TEPELNÁ VODIVOST	TEPELNÁ KAPACITA	OBJEMOVÁ HMOTNOST	DIFUZNÍ ODPOR	TEPELNÝ ODPOR
ČÍSLO	NÁZEV	d [m]	λ_u [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	c_d [J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	ρ_v [kg·m ⁻³]	μ_d [-]	R [m ² ·K·W ⁻¹]
1	Dřevěná podlaha	0,0100	0,220	2510	600	50	0,045
2	Dřevovláknitá akustická izolace	0,0050	0,070	2100	250	5	0,071
3	Sádrovláknitá deska	0,0200	0,320	1100	1150	13	0,063
4	Dřevovláknitá akustická izolace	0,0200	0,050	2100	250	5	0,400
5	OSB deska	0,0220	0,130	1700	600	50	0,169
6	Vzduchová mezera + dřevěné trámy	0,3500	1,995	1000	1	1	0,175
7	OSB deska	0,0150	0,130	1700	600	50	0,115
8	Minerální izolace + dřevěný rošt	0,0400	0,049	960	15	1	0,818
9	Sádrovláknitá deska	0,1000	0,320	1100	1150	13	0,313
10							
CELKEM		0,5820					2,170

OKRAJOVÉ PODMÍNKY PRO VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA			
TEPELNÝ ODPOR PŘI PŘESTUPU TEPLA (PRO VÝPOČTY ŠÍŘENÍ TEPLA)	NA VNITŘNÍ STRANĚ KONSTRUKCE	$R_{si} =$	0,10 m ² ·K·W ⁻¹
	NA VNĚJŠÍ STRANĚ KONSTRUKCE	$R_{se} =$	0,10 m ² ·K·W ⁻¹

KOREKČNÍ ČINITEL ZOHLEDŇUJÍCÍ NEHOMOGENITU SKLADBY KONSTRUKCE	$\Delta U =$	0,02	W·m ⁻² ·K ⁻¹
---	--------------	------	------------------------------------

SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA KONSTRUKCÍ		$U =$	0,44	W·m ⁻² ·K ⁻¹
POŽADOVANÁ HODNOTA	$U_{N,20} =$	2,20	W·m ⁻² ·K ⁻¹	vyhovuje
DOPORUČENÁ HODNOTA	$U_{rec,20} =$	1,45	W·m ⁻² ·K ⁻¹	vyhovuje
DOPORUČENÁ HODNOTA PRO PASIVNÍ DOMY	$U_{pas,20,horní} =$	1,45	W·m ⁻² ·K ⁻¹	vyhovuje
DOPORUČENÁ HODNOTA PRO PASIVNÍ DOMY	$U_{pas,20,dolní} =$	1,45	W·m ⁻² ·K ⁻¹	vyhovuje

VÝPOČET EKVALENTNÍ TEPELNÉ VODIVOSTI VRSTVY							
VRSTVA		MATERIÁL 1		MATERIÁL 2		ROZDÍL	CELKEM
ČÍSLO	NÁZEV	A_1 [%]	$\lambda_{u,1}$ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	A_2 [%]	$\lambda_{u,2}$ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	$\lambda_u - \lambda_{u,1}$ [%]	λ_u [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
6	Vzduchová mezera + dřevěné trámy	90,4	2,188	9,6	0,180	-8,8	1,995
8	Minerální izolace + dřevěný rošt	90,4	0,035	9,6	0,180	39,8	0,049



PŘÍLOHA 5 – Vzorový protokol programu Teplo

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **Stěna vnější - provětrávaná fasáda**
Zpracovatel : Filip Zahrádka
Zakázka : DP
Datum : 28.12.2017

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější dvoupřístřevá
Korekce součinitele prostupu dU : 0.020 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Sádrovláknitá	0,0125	0,3200	1110,0	1150,0	13,0	0.0000
2	Dřevovláknitá	0,0400	0,0530	2100,0	50,0	1,0	0.0000
3	OSB deska	0,0150	0,1300	1700,0	600,0	50,0	0.0000
4	Minerální izol	0,0800	0,0490	960,0	15,0	1,0	0.0000
5	Minerální izol	0,1400	0,0360	960,0	15,0	1,0	0.0000
6	Minerální izol	0,0400	0,0490	960,0	15,0	1,0	0.0000
7	Dřevovláknitá	0,0240	0,0480	2100,0	270,0	5,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

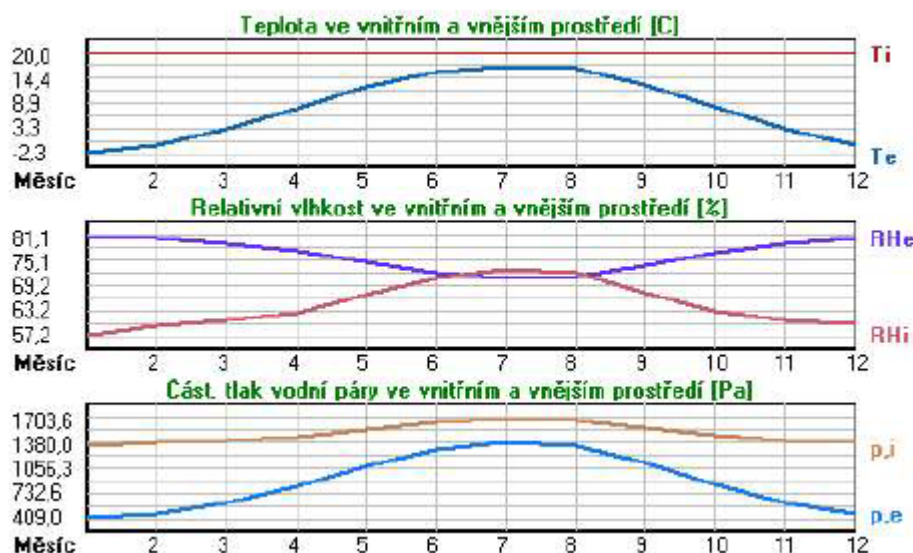
Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m²K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.13 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.13 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -15.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH_i : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]
1	31 744	20.0	57.2	1336.7	-2.3	81.1	409.0
2	28 672	20.0	59.6	1392.8	-0.7	80.7	465.0
3	31 744	20.0	60.9	1423.2	3.0	79.5	602.1
4	30 720	20.0	62.7	1465.3	7.6	77.5	808.6
5	31 744	20.0	67.0	1565.8	12.5	74.7	1082.2
6	30 720	20.0	70.9	1656.9	15.7	72.2	1287.1
7	31 744	20.0	72.9	1703.6	17.2	70.7	1386.7
8	31 744	20.0	72.2	1687.3	16.7	71.2	1352.9
9	30 720	20.0	67.6	1579.8	13.1	74.2	1118.0
10	31 744	20.0	63.1	1474.6	8.2	77.2	839.1
11	30 720	20.0	60.9	1423.2	3.0	79.5	602.1
12	31 744	20.0	59.7	1395.2	-0.6	80.7	468.9

Poznámka: Tai, RH_i a Pi jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a Te, RHe a Pe jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).



Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Teplný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Teplný odpor konstrukce R : 6.642 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.145 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{k,c} : 0.16 / 0.19 / 0.24 / 0.34 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} : 7.1E+0009 m/s

Teplotní útlum konstrukce N_y* podle EN ISO 13786 : 103.0

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 6.6 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 18.75 °C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : 0.964

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{si}=0,25 m²K/W.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	80%		100%		T _{si} [°C]	f _{Rsi}	RH _{si} [%]
	T _{si,m} [°C]	f _{Rsi,m}	T _{si,m} [°C]	f _{Rsi,m}			
1	14.7	0.762	11.3	0.609	19.2	0.964	60.1
2	15.3	0.774	11.9	0.609	19.3	0.964	62.4
3	15.7	0.745	12.2	0.543	19.4	0.964	63.2
4	16.1	0.687	12.7	0.409	19.6	0.964	64.4
5	17.2	0.622	13.7	0.159	19.7	0.964	68.1
6	18.1	0.550	14.6	-----	19.8	0.964	71.6
7	18.5	0.467	15.0	-----	19.9	0.964	73.4
8	18.4	0.501	14.8	-----	19.9	0.964	72.7
9	17.3	0.610	13.8	0.105	19.8	0.964	68.6
10	16.2	0.680	12.8	0.387	19.6	0.964	64.8
11	15.7	0.745	12.2	0.543	19.4	0.964	63.2
12	15.4	0.775	11.9	0.608	19.3	0.964	62.5

Poznámka: RH_{si} je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, T_{si} je vnitřní povrchová teplota a f_{Rsi} je teplotní faktor.

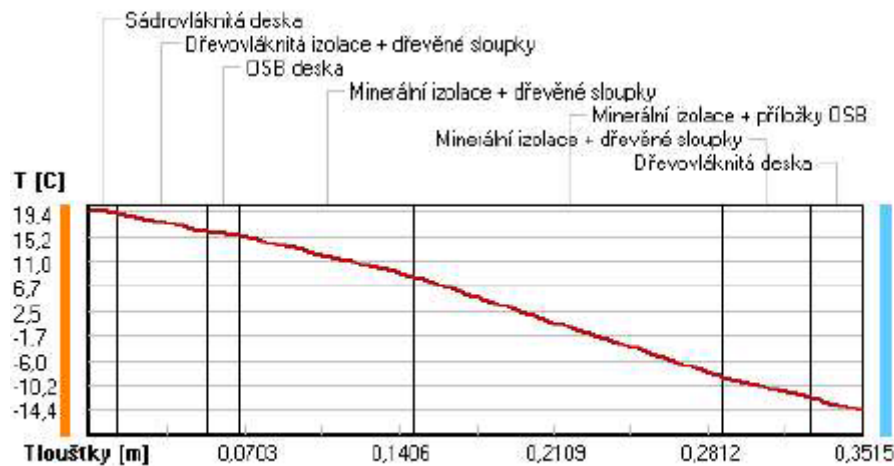
Difúze vodní páry v návrh, podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540:
(bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

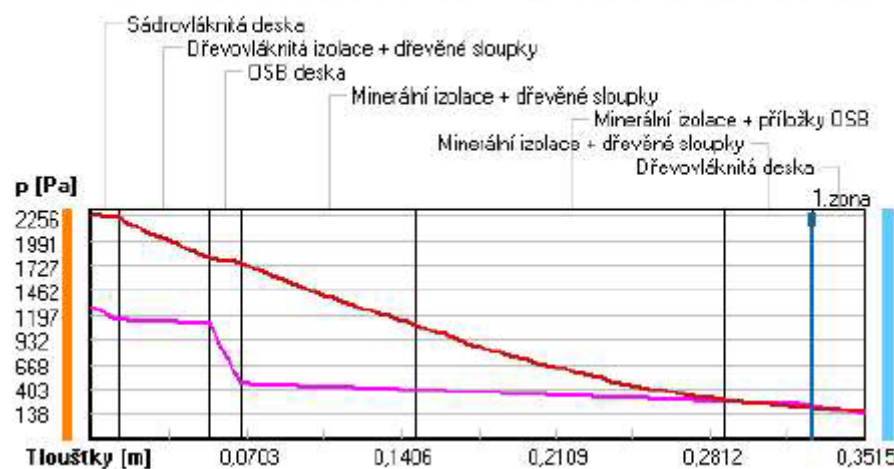
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	e
theta [C]:	19.4	19.3	16.0	15.5	8.3	-8.7	-12.2	-14.4
p [Pa]:	1285	1145	1111	465	397	276	242	138
p,sat [Pa]:	2256	2232	1813	1755	1096	292	212	174

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Část tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Rel. vlhkosti v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Kondenzující množství vodní páry [kg/(m2s)]
1	0.3275	0.3275	5.438E-0008

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: 0.0310 kg/(m2.rok)

Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$: 18.2544 kg/(m2.rok)

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než -10.0 C.

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převládající skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Rozmezí relativních vlhkostí v jednotlivých materiálech (pro poslední roční cyklus):

Číslo	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za rok				
		pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	nad 90%
1	Sádrolátní deska	31	242	92	---	---
2	Dřevovláknitá	---	273	92	---	---
3	OSB deska	---	273	92	---	---
4	Minerální izol	243	122	---	---	---
5	Minerální izol	---	---	365	---	---
6	Minerální izol	---	---	214	151	---
7	Dřevovláknitá	---	---	214	151	---

Poznámka: S pomocí této tabulky lze zjednodušeně odhadnout, jaké je riziko dosažení nepřipustné hmotnostní vlhkosti materiálu či riziko jeho koroze.

Konkrétně pro dřevo předepisuje ČSN 730540-2/Z1 maximální přípustnou hmotnostní vlhkost 18 %. Ze sorpční křivky pro daný typ dřeva lze odvodit, při jaké relativní vlhkosti vzduchu dosahuje dřevo této kritické hmotnostní vlhkosti. Obvykle jde o cca 80 %.

Pokud je v tabulce výše pro dřevo uveden dlouhodobější výskyt relativní vlhkosti nad 80 %, lze předpokládat, že požadavek ČSN 730540-2 na maximální hmotnostní vlhkost dřeva nebude splněn.



PŘÍLOHA 6 – Vzorový protokol programu Area

DOUROZMĚRNÉ STACIONÁRNÍ POLE TEPLOT A ČÁSTEČNÝCH TLAKŮ VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 10211 a ČSN 730540 - MKP/FEM model

Area 2017 EDU

Název úlohy : **Spodní napojení vnější stěny**

Varianta

Zpracovatel : Filip Zahradka

Zakázka : DP

Datum : 29.12.2017

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Parametry pro výpočet teplotního faktoru:

Teplota vzduchu v exteriéru: -15.0 C

Teplota vzduchu v interiéru: 20.0 C

Parametry charakterizující rozsah úlohy:

Počet svislých os: 49

Počet vodorovných os: 50

Počet prvků: 4704

Počet uzlových bodů: 2450

Souřadnice os sítě - osa x [m] :

0.00000	0.02400	0.05400	0.08400	0.11400	0.14400	0.16400	0.17400	0.18400	0.18950
0.19819	0.20688	0.22425	0.24163	0.25031	0.25466	0.25900	0.26150	0.26275	0.26338
0.26400	0.26450	0.26541	0.26631	0.26813	0.27175	0.27900	0.28900	0.29900	0.31900
0.33150	0.35757	0.38364	0.43578	0.54006	0.64434	0.74863	0.85291	0.95719	1.06147
1.16575	1.27003	1.37431	1.47859	1.58288	1.68716	1.79144	1.89572	2.00000	

Souřadnice os sítě - osa y [m] :

0.00000	0.01200	0.03450	0.05700	0.10200	0.14700	0.16950	0.18075	0.19200	0.20200
0.21250	0.23238	0.25225	0.29200	0.33175	0.35163	0.37150	0.38200	0.40400	0.42400
0.43400	0.44400	0.44900	0.45900	0.47591	0.49281	0.52663	0.59425	0.66188	0.72950
0.79713	0.86475	0.93238	1.00000	1.06250	1.12500	1.18750	1.25000	1.31250	1.37500
1.43750	1.50000	1.56250	1.62500	1.68750	1.75000	1.81250	1.87500	1.93750	2.00000

Zadané materiály :

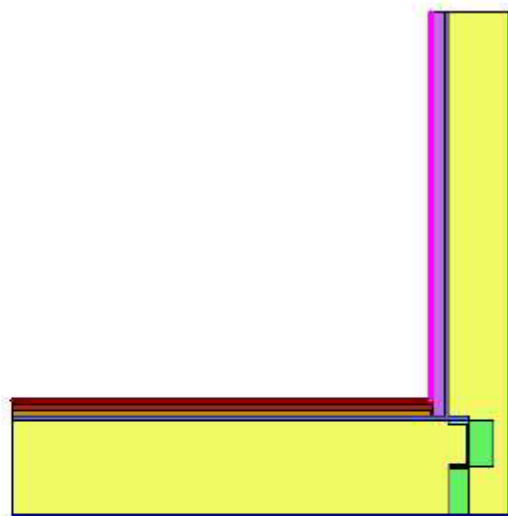
č.	Název	LambdaX	LambdaY	MiX	MiY	X1	X2	Y1	Y2
1	Dřevovláknitá d	0.048	0.048	5.000	5.000	1	2	1	50
2	Minerální izola	0.035	0.035	1.000	1.000	2	21	1	50
3	Cementotřísková	0.245	0.245	15	15	1	49	1	2
4	OSB deska	0.130	0.130	50	50	21	27	19	50
5	Minerální izola	0.035	0.035	1.000	1.000	9	49	9	10
6	Minerální izola	0.035	0.035	1.000	1.000	9	49	10	18
7	Minerální izola	0.035	0.035	1.000	1.000	9	49	2	9
8	OSB deska	0.130	0.130	50	50	9	49	18	19
9	Dřevovláknitá i	0.039	0.039	1.000	1.000	27	30	19	50
10	Sádrovláknitá d	0.320	0.320	13	13	30	31	19	50
11	Dřevovláknitá a	0.050	0.050	5.000	5.000	31	49	19	20
12	Sádrovláknitá d	0.320	0.320	13	13	31	49	20	22
13	Dřevovláknitá a	0.050	0.050	5.000	5.000	31	49	22	23
14	Dřevěná podlaha	0.220	0.220	50	50	31	49	23	24
15	Ocel UPE 180	50.0	50.0	1000000	1000000	10	22	17	18
16	Ocel UPE 180	50.0	50.0	1000000	1000000	9	17	10	11
17	Ocel UPE 180	50.0	50.0	1000000	1000000	9	10	10	18
18	Dřevěný trám	0.180	0.180	150	150	4	9	10	18
19	Dřevěný trám	0.180	0.180	150	150	9	17	2	9

Poznámka: LambdaX a LambdaY jsou návrhové hodnoty tepelné vodivosti materiálu ve směru osy X a Y ve W/(m.K);
MiX a MiY jsou návrhové faktory difúzního odporu materiálu ve směru osy X a Y; X1 a X2 jsou čísla os
ve směru osy X a Y1 a Y2 jsou čísla os ve směru osy Y vymezující zadanou oblast.

Geometrie detailu
a zadané podmínky:

Počet vertik. os: 49
Počet horizont. os: 50
Počet prvků: 4704

Teplota	Odpor: Rs
■ ≤ 0	≤ 0,05
■ ≤ 0	> 0,05
■ > 0	≤ 0,16
■ > 0	0,17-0,24
■ > 0	≥ 0,25



Zadané okrajové podmínky a jejich rozmístění :

číslo	1.uzel	2.uzel	Teplota [C]	Rs [m2K/W]	RH [%]	P [kPa]	h,p [s/m]
1	2	50	-15.00	0.13	84.0	0.14	20.00
2	1	2	-15.00	0.13	84.0	0.14	20.00
3	1	51	-15.00	0.04	84.0	0.14	20.00
4	51	1001	-15.00	0.04	84.0	0.14	20.00
5	1001	2401	-15.00	0.04	84.0	0.14	20.00
6	1524	2424	20.00	0.17	50.0	1.17	10.00
7	1524	1550	20.00	0.13	50.0	1.17	10.00

Poznámka: Rs je odpor při přestupu tepla na příslušném povrchu, RH je relativní vlhkost v prostředí působícím na příslušný povrch, P je částečný tlak vodní páry v prostředí působícím na daný povrch a h,p je součinitel přestupu vodní páry na příslušném povrchu.

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉHO DETAILU :

NEJNÍŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:

Prostředí	T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Propust. L [W/mK]
1	-15.0	0.13	84	-15.00	-7.14859	0.20425
2	-15.0	0.04	84	-15.00	-5.81293	0.16608
3	20.0	0.17	50	17.17	6.05170	0.17291
4	20.0	0.13	50	17.17	6.91026	0.19744

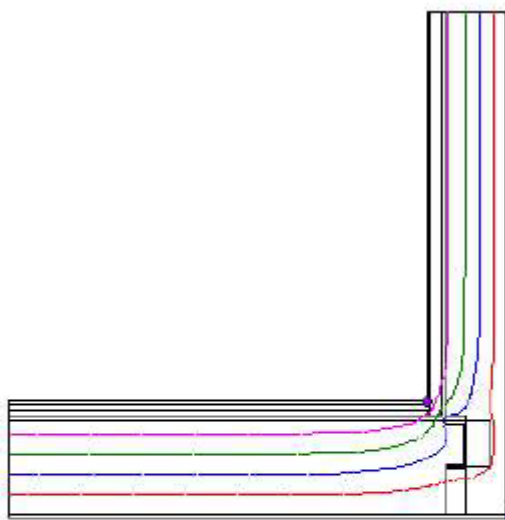
Vysvětlivky:

T zadaná teplota v daném prostředí [C]
Rs zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m2K/W]
R.H. zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]
Ts,min minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]
Tep.tok Q hustota tepelného toku z daného prostředí [W/m]
(hodnota je vztažena na 1m délky tepelného mostu, přičemž ztráta je kladná a zisk je záporný)
Propust. L tepelná propustnost mezi daným prostředím a okolím [W/mK]
(lze určit jen pro maximálně 2 prostředí; pro určité charakteristické výseky lze získat průměrný součinitel prostupu tepla vydělením hodnoty L šířkou hodnoceného výseku konstrukce)

Izotermy:

- -8,00 C
- -1,00 C
- 0,00 C
- 13,00 C

- ◆ T_{si} = -15,00 C
- ◆ T_{si} = -15,00 C
- ◆ T_{si} = 17,17 C
- ◆ T_{si} = 17,17 C



NEJNÍŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY, TEPLOTNÍ FAKTORY A RIZIKO KONDENZACE:

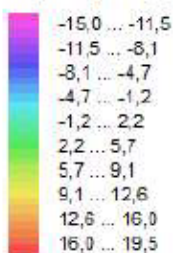
Prostředí	Tw [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	-16.87	-15.00	1.000	ne	---	---
2	-16.87	-15.00	1.000	ne	---	---
3	9.26	17.17	0.919	ne	---	---
4	9.26	17.17	0.919	ne	---	---

Vysvětlivky:

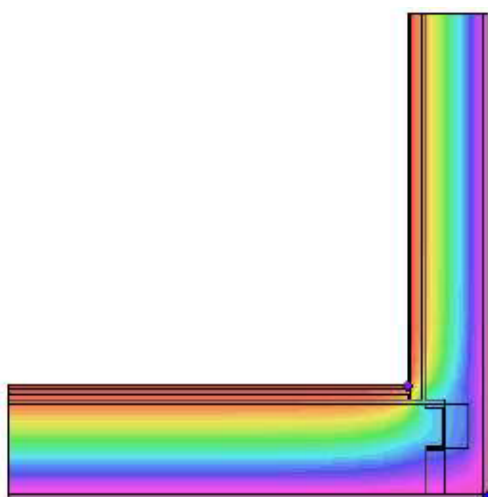
- Tw: teplota rosného bodu v daném prostředí [C] - lze určit jen pro teploty do 100 C
- Ts,min: minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]
- f,Rsi: teplotní faktor dle ČSN 730540, EN ISO 10211 a EN ISO 13788 [-]
[rozdíl minimální povrchové teploty a vnější teploty podělený rozdílem vnitřní (20.0 C) a vnější (-15.0 C) teploty - přesně lze určit jen pro max. 2 prostředí a pro rozdílnou vnitřní a vnější teplotu, program nicméně určuje orientační hodnoty i pro více prostředí, přičemž se uvažuje vnitřní teplota podle daného prostředí a konstantní vnější teplota Te = -15.0 C]
- KOND.: označuje vznik povrchové kondenzace
- RH,max: maximální možná relativní vlhkost při dané teplotě v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [%]
- T,min: minimální potřebná teplota při dané absolutní vlhkosti v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [C] - platí jen pro případ dvou prostředí

Poznámka: Zde uvedené vyhodnocení rizika povrchové kondenzace neodpovídá hodnocení podle ČSN 730540-2. Program pouze porovnává teplotu povrchu s teplotou rosného bodu v okolním prostředí.

Teplotní pole [C]:



- ◆ Tsi=-15,00 C
- Tsi=-15,00 C
- Tsi=17,17 C
- Tsi=17,17 C



ODHAD CHYBY VÝPOČTU:

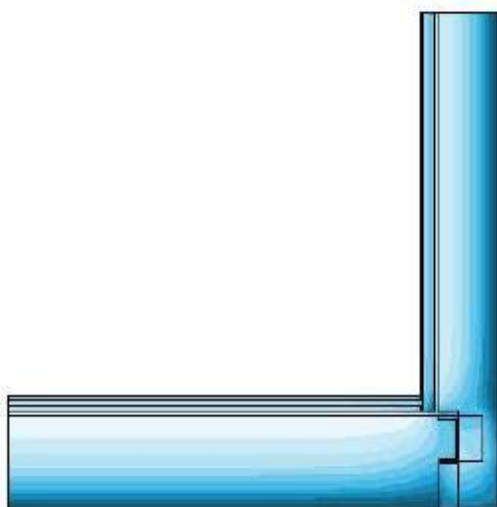
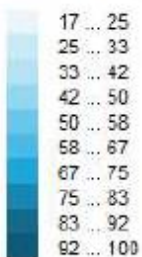
Součet tepelných toků: 0.0004 W/m
 Součet abs.hodnot tep.toků: 25.9235 W/m
 Podíl: 0.0000
 Podíl je menší než 0.001 - požadavek EN ISO 10211 je splněn.

TOKY DIFUNDUJÍCÍ VODNÍ PÁRY PŘI ZADANÝCH PODMÍNKÁCH:

Množství vstupující do konstrukce: 3.8E-0007 kg/m.s.
 Množství vystupující z konstrukce: 2.2E-0007 kg/m.s.
 Množství kondenzující vodní páry: 1.6E-0007 kg/m.s.

Poznámka: Uvedená množství jsou vztažena k 1 m výšce detailu a platí pro zadané okrajové podmínky. Množství vodní páry vstupující do konstrukce bylo stanoveno pro povrchy se souč. přestupu vodní páry 10.e-9 s/m. Množství vystupující z konstrukce pak pro povrchy se souč. přestupu vodní páry 20.e-9 s/m. Ostatní povrchy se ve výpočtu neuplatnily.

Rel. vlhkost [%]:





PŘÍLOHA 7 – Výpočet potřeby tepla na vytápění rodinného domu

Stavební konstrukce - U

NÁZEV KONSTRUKCE	POPIS KONSTRUKCE	PLOCHA KONSTRUKCE			SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA U [W·m ⁻² ·K ⁻¹]
		CELKEM VČETNĚ VÝPLNÍ [m ²]	POUZE VÝPLNĚ OTVORŮ [m ²]	POUZE STAVEBNÍ KCE [m ²]	
W1	Stěna vnější - provětrávaná fasáda	216,08	24,51	191,57	0,14
F1	Podlaha nad terénem	84,19	0,00	84,19	0,13
R1	Střecha šikmá dvouplášťová	87,86	0,00	87,86	0,14

NÁZEV KONSTRUKCE	POPIS KONSTRUKCE DLE ČSN 73 0540-2 PRO POSOUZENÍ NÁVRHOVÉ HODNOTY SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA
W1	Stěna vnější
F1	Strop s podlahou nad venkovním prostorem
R1	Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně

NÁZEV KONSTRUKCE	POSOUZENÍ SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA U (ČSN 730540-2)				
	POŽADOVANÁ HODNOTA U _{N,20} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	DOPORUČENÁ HODNOTA U _{rec,20} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	PASIVNÍ BUDOVY U _{pas,20} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	NÁVRHOVÁ HODNOTA U [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	VYHODNOCENÍ NÁVRHOVÉ HODNOTY U
W1	0,30	0,20	0,18	0,14	Vyhovuje hodnotě pro pasivní budovy
F1	0,24	0,16	0,15	0,13	Vyhovuje hodnotě pro pasivní budovy
R1	0,24	0,16	0,15	0,14	Vyhovuje hodnotě pro pasivní budovy

Stavební konstrukce - H_T

NÁZEV KONSTRUKCE	UMÍSTĚNÍ KONSTRUKCE V RÁMCI OBJEKTU					PLOCHA KONSTRUKCE		KÓD KONSTRUKCE
						CELKEM VČETNĚ VÝPLNÍ [m²]	POUZE VÝPLNĚ OTVORŮ [m²]	
	PROSTŘEDÍ	PODLAŽÍ [-]	ORIENTACE KE SVĚTOVÝM STRANÁM		SKLON [°]			
				[°]				
W1	OUT	1	J	-8,0	90	33,63	12,66	W1-J-1
W1	OUT	2	J	-8,0	90	17,76	0,00	W1-J-2
W1	OUT	1	S	172,0	90	33,63	3,21	W1-S-1
W1	OUT	2	S	172,0	90	32,90	0,58	W1-S-2
W1	OUT	1	V	-98,0	90	25,63	0,00	W1-V-1
W1	OUT	2	V	-98,0	90	23,45	1,69	W1-V-2
W1	OUT	1	Z	82,0	90	25,63	2,97	W1-Z-1
W1	OUT	2	Z	82,0	90	23,45	3,39	W1-Z-2
F1	OUT	1		-	90	84,19	0,00	F1--1
R1	OUT	2	J	-8,0	30	32,58	7,89	R1-J-2
R1	OUT	2		-	0	55,28	0,00	R1--2



KÓD KONSTRUKCE	PLOCHA BEZ VÝPLNÍ OTVORŮ [m ²]	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA U [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	NÁVRHOVÁ TEPLOTA PROSTŘEDÍ				ČINITEL TEPLOTNÍ REDUKCE b [-]	MĚRNÝ TEPELNÝ TOK H _T [W·K ⁻¹]
			PŘEVAŽUJÍCÍ		LOKÁLNÍ			
			VNITŘNÍ θ _{im} [°C]	VNĚJŠÍ θ _{em} [°C]	VNITŘNÍ θ _i [°C]	VNĚJŠÍ θ _e [°C]		
W1-J-1	20,97	0,14	20,0	-15,0	20,0	-15,0	1,00	2,94
W1-J-2	17,76	0,14	20,0	-15,0	20,0	-15,0	1,00	2,49
W1-S-1	30,42	0,14	20,0	-15,0	20,0	-15,0	1,00	4,26
W1-S-2	32,32	0,14	20,0	-15,0	20,0	-15,0	1,00	4,52
W1-V-1	25,63	0,14	20,0	-15,0	20,0	-15,0	1,00	3,59
W1-V-2	21,75	0,14	20,0	-15,0	20,0	-15,0	1,00	3,05
W1-Z-1	22,66	0,14	20,0	-15,0	20,0	-15,0	1,00	3,17
W1-Z-2	20,06	0,14	20,0	-15,0	20,0	-15,0	1,00	2,81
F1-1	84,19	0,13	20,0	-15,0	20,0	-15,0	1,00	10,94
R1-J-2	24,69	0,14	20,0	-15,0	20,0	-15,0	1,00	3,46
R1-2	55,28	0,14	20,0	-15,0	20,0	-15,0	1,00	7,74

Výplňové konstrukce - U

NÁZEV KONSTRUKCE	CELKOVÉ ROZMĚRY				DÍLČÍ POHLEDOVÉ ŠÍŘKY RÁMU					POČET STŘEDNÍCH PRVKŮ RÁMU	
	ŠÍŘKA	VÝŠKA	PLOCHA	OBVOD	SVISLÉ		VODOROVNÉ			SVISLÉ [-]	VODO. [-]
	w ₀ [mm]	h ₀ [mm]	A ₀ [m ²]	P ₀ [m]	KRAJNÍ [mm]	STŘEDNÍ [mm]	SPODNÍ [mm]	HORNÍ [mm]	STŘEDNÍ [mm]		
O1	4285	2560	10,97	13,69	89	0	109	89	0	0	0
O2	1160	2560	2,97	7,44	89	0	109	89	0	0	0
O3	1160	1460	1,69	5,24	89	0	109	89	0	0	0
O4	1160	500	0,58	3,32	89	0	109	89	0	0	0
SO1	1160	1700	1,97	5,72	89	0	97	97	0	0	0
D1	1160	2270	2,63	6,86	505	0	450	450	0	0	0

NÁZEV KONSTRUKCE	DÍLČÍ PLOCHY VÝPLNĚ OTVORU		PROCENTO ZASKLENÍ A _g [%]	DÉLKA ZASKL. SPÁRY l _g [m]	SOUČINITELÉ PROSTUPU TEPLA A LINEÁRNÍ ČINITEL PROSTUPU TEPLA			
	RÁM	SKLO			RÁM	SKLO	SPÁRA	CELKEM
	A _r [m ²]	A _g [m ²]			U _r [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	U _g [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	ψ _g [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	U ₀ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]
O1	1,27	9,70	88	12,94	0,65	0,50	0,025	0,55
O2	0,65	2,32	78	6,69	0,65	0,50	0,025	0,59
O3	0,45	1,24	73	4,49	0,65	0,50	0,025	0,61
O4	0,28	0,30	51	2,57	0,65	0,50	0,025	0,68
SO1	0,49	1,48	75	4,98	1,00	0,50	0,03	0,69
D1	2,43	0,21	8	3,04				0,80



NÁZEV KONSTRUKCE	POPIS KONSTRUKCE DLE ČSN 73 0540-2 PRO POSOUZENÍ NÁVRHOVÉ HODNOTY SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA
O1	Výplň otvoru ve vnější stěně a stmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří
O2	Výplň otvoru ve vnější stěně a stmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří
O3	Výplň otvoru ve vnější stěně a stmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří
O4	Výplň otvoru ve vnější stěně a stmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří
SO1	Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí
D1	Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí

NÁZEV KONSTRUKCE	POSOUZENÍ SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA U (ČSN 730540-2)				
	POŽADOVANÁ HODNOTA	DOPORUČENÁ HODNOTA	PASIVNÍ BUDOVY	NÁVRHOVÁ HODNOTA	VYHODNOCENÍ NÁVRHOVÉ HODNOTY U_0
	$U_{N,19}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$U_{rec,19}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$U_{pas,19}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	U_0 [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	
O1	1,50	1,20	0,80	0,55	Vyhovuje hodnotě pro pasivní budovy
O2	1,50	1,20	0,80	0,59	Vyhovuje hodnotě pro pasivní budovy
O3	1,50	1,20	0,80	0,61	Vyhovuje hodnotě pro pasivní budovy
O4	1,50	1,20	0,80	0,68	Vyhovuje hodnotě pro pasivní budovy
SO1	1,40	1,10	0,90	0,69	Vyhovuje hodnotě pro pasivní budovy
D1	1,70	1,20	0,90	0,80	Vyhovuje hodnotě pro pasivní budovy

Výplňové konstrukce – H_T , Q_{sol}

NÁZEV VÝPLŇOVÉ KONSTRUKCE	UMÍSTĚNÍ KONSTRUKCE V RÁMCI OBJEKTU							
	PROSTŘEDÍ	PODLAŽÍ [-]	ORIENTACE KE SVĚTOVÝM STRANÁM		SKLON [°]	POMOCNÉ PARAMETRY		
				[°]		SLOUPEC	ŘADA	KÓD
						[-]	[-]	
O1	OUT	1	J	-8,0	90	B	1	O1-J-B1
O3	OUT	1	J	-8,0	90	D	2	O3-J-D2
O2	OUT	1	Z	82,0	90	C	1	O2-Z-C1
O3	OUT	2	Z	82,0	90	A	2	O3-Z-A2
O3	OUT	2	Z	82,0	90	B	2	O3-Z-B2
O3	OUT	2	V	-98,0	90	A	2	O3-V-A2
O4	OUT	1	S	172,0	90	A	2	O4-S-A2
O4	OUT	2	S	172,0	90	A	3	O4-S-A3
SO1	OUT	2	J	-8,0	30	A	3	SO1-J-A3
SO1	OUT	2	J	-8,0	30	B	3	SO1-J-B3
SO1	OUT	2	J	-8,0	30	C	3	SO1-J-C3
SO1	OUT	2	J	-8,0	30	D	3	SO1-J-D3
D1	OUT	1	S	172,0	90	B	1	D1-S-B1



KÓD VÝPLŇOVÉ KONSTRUKCE	PLOCHA KONSTRUKCE		SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA U ₀ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	NÁVRHOVÁ TEPLOTA PROSTŘEDÍ				ČINITEL TEPLOTNÍ REDUKCE b [-]	MĚRNÝ TEPELNÝ TOK H _T [W·K ⁻¹]
	CELKEM A ₀ [m ²]	SKLO A _g [m ²]		PŘEVAŽUJÍCÍ		LOKÁLNÍ			
				VNITŘNÍ θ _{im} [°C]	VNĚJŠÍ θ _{em} [°C]	VNITŘNÍ θ _i [°C]	VNĚJŠÍ θ _e [°C]		
O1-J-B1	10,97	9,70	0,55	20,0	-15,0	20,0	-15,0	1,15	6,90
O3-J-D2	1,69	1,24	0,61	20,0	-15,0	20,0	-15,0	1,15	1,18
O2-Z-C1	2,97	2,32	0,59	20,0	-15,0	20,0	-15,0	1,15	2,01
O3-Z-A2	1,69	1,24	0,61	20,0	-15,0	20,0	-15,0	1,15	1,18
O3-Z-B2	1,69	1,24	0,61	20,0	-15,0	20,0	-15,0	1,15	1,18
O3-V-A2	1,69	1,24	0,61	20,0	-15,0	20,0	-15,0	1,15	1,18
O4-S-A2	0,58	0,30	0,68	20,0	-15,0	20,0	-15,0	1,15	0,46
O4-S-A3	0,58	0,30	0,68	20,0	-15,0	20,0	-15,0	1,15	0,46
SO1-J-A3	1,97	1,48	0,69	20,0	-15,0	20,0	-15,0	1,15	1,56
SO1-J-B3	1,97	1,48	0,69	20,0	-15,0	10,0	-15,0	1,15	1,56
SO1-J-C3	1,97	1,48	0,69	20,0	-15,0	10,0	-15,0	1,15	1,56
SO1-J-D3	1,97	1,48	0,69	20,0	-15,0	20,0	-15,0	1,15	1,56
D1-S-B1	2,63	0,21	0,80	20,0	-15,0	20,0	-15,0	1,15	2,42

KÓD VÝPLŇOVÉ KONSTRUKCE	ÚHEL STÍNĚNÍ HORIZONTEM α [°]	ČINITEL STÍNĚNÍ HORIZONTEM F_h [-]	ÚHEL STÍNĚNÍ MARKÝZOU α [°]	ČINITEL STÍNĚNÍ MARKÝZOU F_0 [-]	ÚHEL STÍNĚNÍ BOČ. ŽEBREM α [°]	ČINITEL STÍNĚNÍ BOČ. ŽEBREM F_r [-]	KOREKČNÍ ČINITEL STÍNĚNÍ F_s [-]
O1-J-B1	0,0	1,00	7,3	0,98	4,2	0,98	0,96
O3-J-D2	0,0	1,00	12,4	0,97	15,4	0,94	0,91
O2-Z-C1	0,0	1,00	7,3	0,98	15,4	0,92	0,90
O3-Z-A2	0,0	1,00	12,4	0,96	15,4	0,92	0,88
O3-Z-B2	0,0	1,00	12,4	0,96	15,4	0,92	0,88
O3-V-A2	0,0	1,00	12,4	0,96	15,4	0,92	0,89
O4-S-A2	0,0	1,00	32,6	0,89	15,4	0,99	0,88
O4-S-A3	0,0	1,00	32,6	0,89	15,4	0,99	0,88
SO1-J-A3	0,0	1,00	0,0	1,00	0,0	1,00	1,00
SO1-J-B3	0,0	1,00	0,0	1,00	0,0	1,00	1,00
SO1-J-C3	0,0	1,00	0,0	1,00	0,0	1,00	1,00
SO1-J-D3	0,0	1,00	0,0	1,00	0,0	1,00	1,00
D1-S-B1	0,0	1,00	8,0	0,98	15,4	0,99	0,96

KÓD VÝPLŇOVÉ KONSTRUKCE	POMĚR ZASKLENÍ F_F [-]	CELKOVÁ PROPUSTNOST SLUN. ZÁŘENÍ g_{\perp} [-]	ČINITEL ZTRÁT ODRAZEM F_w [-]	ČINITEL CLONĚNÍ F_c [-]	SOLÁRNÍ SBĚRNÁ PLOCHA A_s [m ²]
O1-J-B1	0,88	0,54	0,90	1,00	4,54
O3-J-D2	0,73	0,54	0,90	1,00	0,55
O2-Z-C1	0,78	0,54	0,90	1,00	1,01
O3-Z-A2	0,73	0,54	0,90	1,00	0,53
O3-Z-B2	0,73	0,54	0,90	1,00	0,53
O3-V-A2	0,73	0,54	0,90	1,00	0,53
O4-S-A2	0,51	0,54	0,90	1,00	0,13
O4-S-A3	0,51	0,54	0,90	1,00	0,13
SO1-J-A3	0,75	0,54	0,90	1,00	0,72
SO1-J-B3	0,75	0,54	0,90	1,00	0,72
SO1-J-C3	0,75	0,54	0,90	1,00	0,72
SO1-J-D3	0,75	0,54	0,90	1,00	0,72
D1-S-B1	0,08	0,54	0,90	1,00	0,10



KÓD VÝPLŇOVÉ KONSTRUKCE	MĚSÍČNÍ DÁVKA SLUNEČNÍHO OZÁŘENÍ H_j [kWh*m-2]											
	LEDEN	ÚNOR	BŘEZEN	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ	ŘÍJEN	LISTOPAD	PROSINEC
	$H_{j,1}$	$H_{j,2}$	$H_{j,3}$	$H_{j,4}$	$H_{j,5}$	$H_{j,6}$	$H_{j,7}$	$H_{j,8}$	$H_{j,9}$	$H_{j,10}$	$H_{j,11}$	$H_{j,12}$
O1-J-B1	29,2	48,6	71,5	82,4	83,9	73,6	76,9	92,1	76,8	63,7	32,9	22,3
O3-J-D2	29,2	48,6	71,5	82,4	83,9	73,6	76,9	92,1	76,8	63,7	32,9	22,3
O2-Z-C1	14,5	26,6	46,8	71,4	84,8	83,4	80,4	77,9	56,4	36,9	18,6	12,1
O3-Z-A2	14,5	26,6	46,8	71,4	84,8	83,4	80,4	77,9	56,4	36,9	18,6	12,1
O3-Z-B2	14,5	26,6	46,8	71,4	84,8	83,4	80,4	77,9	56,4	36,9	18,6	12,1
O3-V-A2	11,5	22,0	41,1	60,6	82,8	76,2	78,3	76,4	46,8	32,9	14,1	8,4
O4-S-A2	8,3	13,5	24,2	36,3	47,9	50,6	48,8	40,6	26,5	20,3	10,1	6,2
O4-S-A3	8,3	13,5	24,2	36,3	47,9	50,6	48,8	40,6	26,5	20,3	10,1	6,2
SO1-J-A3	29,5	51,3	88,9	127,0	153,6	144,8	145,1	150,0	104,6	73,3	34,4	21,6
SO1-J-B3	29,5	51,3	88,9	127,0	153,6	144,8	145,1	150,0	104,6	73,3	34,4	21,6
SO1-J-C3	29,5	51,3	88,9	127,0	153,6	144,8	145,1	150,0	104,6	73,3	34,4	21,6
SO1-J-D3	29,5	51,3	88,9	127,0	153,6	144,8	145,1	150,0	104,6	73,3	34,4	21,6
D1-S-B1	8,3	13,5	24,2	36,3	47,9	50,6	48,8	40,6	26,5	20,3	10,1	6,2

KÓD VÝPLŇOVÉ KONSTRUKCE	MĚSÍČNÍ SOLÁRNÍ TEPELNÝ ZISK Q_{sol} [kWh]											
	LEDEN	ÚNOR	BŘEZEN	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ	ŘÍJEN	LISTOPAD	PROSINEC
	$Q_{sol,1}$	$Q_{sol,2}$	$Q_{sol,3}$	$Q_{sol,4}$	$Q_{sol,5}$	$Q_{sol,6}$	$Q_{sol,7}$	$Q_{sol,8}$	$Q_{sol,9}$	$Q_{sol,10}$	$Q_{sol,11}$	$Q_{sol,12}$
O1-J-B1	132,7	220,6	324,9	374,2	381,2	334,3	349,2	418,4	348,7	289,5	149,5	101,5
O3-J-D2	15,9	26,5	39,0	45,0	45,8	40,2	42,0	50,3	41,9	34,8	18,0	12,2
O2-Z-C1	14,7	26,9	47,4	72,3	85,8	84,4	81,3	78,9	57,1	37,4	18,9	12,2
O3-Z-A2	7,7	14,2	24,9	38,0	45,1	44,3	42,7	41,4	30,0	19,6	9,9	6,4
O3-Z-B2	7,7	14,2	24,9	38,0	45,1	44,3	42,7	41,4	30,0	19,6	9,9	6,4
O3-V-A2	6,2	11,8	22,0	32,4	44,3	40,8	41,9	40,9	25,0	17,6	7,5	4,5
O4-S-A2	1,1	1,7	3,1	4,6	6,1	6,4	6,2	5,2	3,4	2,6	1,3	0,8
O4-S-A3	1,1	1,7	3,1	4,6	6,1	6,4	6,2	5,2	3,4	2,6	1,3	0,8
SO1-J-A3	21,2	36,9	63,9	91,2	110,4	104,1	104,3	107,8	75,2	52,7	24,7	15,5
SO1-J-B3	21,2	36,9	63,9	91,2	110,4	104,1	104,3	107,8	75,2	52,7	24,7	15,5
SO1-J-C3	21,2	36,9	63,9	91,2	110,4	104,1	104,3	107,8	75,2	52,7	24,7	15,5
SO1-J-D3	21,2	36,9	63,9	91,2	110,4	104,1	104,3	107,8	75,2	52,7	24,7	15,5
D1-S-B1	0,8	1,3	2,3	3,5	4,6	4,9	4,7	3,9	2,5	2,0	1,0	0,6



Obálka budovy - Q_{LT} , Q_{sol}

NÁZEV KONSTRUKCE	UMÍSTĚNÍ KONSTRUKCE V RÁMCI OBJEKTU				TYP KONSTRUKCE	MĚRNÝ TEPELNÝ TOK PROSTUPEM H _T [W·K ⁻¹]	
	PROSTŘEDÍ	PODLAŽÍ [-]	ORIENTACE KE SVĚTOVÝM STRANÁM				SKLON [°]
				[°]			
W1	OUT	1	J	-8,0	90	W	2,94
W1	OUT	2	J	-8,0	90	W	2,49
W1	OUT	1	S	172,0	90	W	4,26
W1	OUT	2	S	172,0	90	W	4,52
W1	OUT	1	V	-98,0	90	W	3,59
W1	OUT	2	V	-98,0	90	W	3,05
W1	OUT	1	Z	82,0	90	W	3,17
W1	OUT	2	Z	82,0	90	W	2,81
F1	OUT	1	0	-	90	F	10,94
R1	OUT	2	J	-8,0	30	R	3,46
R1	OUT	2	0	-	0	R	7,74
O1	OUT	1	J	-8,0	90	O	6,90
O3	OUT	1	J	-8,0	90	O	1,18
O2	OUT	1	Z	82,0	90	O	2,01
O3	OUT	2	Z	82,0	90	O	1,18
O3	OUT	2	Z	82,0	90	O	1,18
O3	OUT	2	V	-98,0	90	O	1,18
O4	OUT	1	S	172,0	90	O	0,46
O4	OUT	2	S	172,0	90	O	0,46
SO1	OUT	2	J	-8,0	30	S	1,56
SO1	OUT	2	J	-8,0	30	S	1,56
SO1	OUT	2	J	-8,0	30	S	1,56
SO1	OUT	2	J	-8,0	30	S	1,56
D1	OUT	1	S	172,0	90	D	2,42



KÓD KONSTRUKCE	TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM Q_{LT} [kWh]												
	LEDEN	ÚNOR	BŘEZEN	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ	ŘÍJEN	LISTOPAD	PROSINEC	ROK
	$Q_{LT,1}$	$Q_{LT,2}$	$Q_{LT,3}$	$Q_{LT,4}$	$Q_{LT,5}$	$Q_{LT,6}$	$Q_{LT,7}$	$Q_{LT,8}$	$Q_{LT,9}$	$Q_{LT,10}$	$Q_{LT,11}$	$Q_{LT,12}$	Q_{LT} [kWh]
W1-J-1	48,3	42,7	36,9	26,2	16,2	9,8	6,1	7,5	14,8	25,4	36,0	43,7	313,7
W1-J-2	41,0	36,1	31,3	22,2	13,7	8,3	5,2	6,4	12,5	21,5	30,5	37,1	265,7
W1-S-1	70,1	61,9	53,6	38,0	23,5	14,2	8,9	10,9	21,4	36,8	52,2	63,5	455,0
W1-S-2	74,5	65,8	56,9	40,4	25,0	15,0	9,4	11,6	22,8	39,1	55,5	67,4	483,4
W1-V-1	59,1	52,2	45,1	32,0	19,8	11,9	7,5	9,2	18,1	31,0	44,0	53,5	383,4
W1-V-2	50,2	44,3	38,3	27,2	16,8	10,1	6,4	7,8	15,3	26,3	37,3	45,4	325,4
W1-Z-1	52,3	46,1	39,9	28,3	17,5	10,5	6,6	8,1	16,0	27,4	38,9	47,3	339,0
W1-Z-2	46,3	40,8	35,3	25,1	15,5	9,3	5,9	7,2	14,1	24,3	34,4	41,9	300,1
FI--1	180,2	159,0	137,6	97,7	60,5	36,4	22,8	28,0	55,1	94,7	134,1	163,1	1169,3
R1-J-2	56,9	50,2	43,5	30,9	19,1	11,5	7,2	8,8	17,4	29,9	42,4	51,5	369,4
R1--2	127,5	112,5	97,3	69,1	42,8	25,7	16,2	19,8	38,9	66,9	94,9	115,3	826,9
O1-J-B1	113,6	100,3	86,8	61,6	38,1	22,9	14,4	17,6	34,7	59,7	84,6	102,8	737,1
O3-J-D2	19,5	17,2	14,9	10,5	6,5	3,9	2,5	3,0	5,9	10,2	14,5	17,6	126,2
O2-Z-C1	33,1	29,2	25,3	18,0	11,1	6,7	4,2	5,1	10,1	17,4	24,7	30,0	215,0
O3-Z-A2	19,5	17,2	14,9	10,5	6,5	3,9	2,5	3,0	5,9	10,2	14,5	17,6	126,2
O3-Z-B2	19,5	17,2	14,9	10,5	6,5	3,9	2,5	3,0	5,9	10,2	14,5	17,6	126,2
O3-V-A2	19,5	17,2	14,9	10,5	6,5	3,9	2,5	3,0	5,9	10,2	14,5	17,6	126,2
O4-S-A2	7,5	6,6	5,7	4,1	2,5	1,5	1,0	1,2	2,3	3,9	5,6	6,8	48,7
O4-S-A3	7,5	6,6	5,7	4,1	2,5	1,5	1,0	1,2	2,3	3,9	5,6	6,8	48,7
SO1-J-A3	25,7	22,7	19,6	13,9	8,6	5,2	3,3	4,0	7,9	13,5	19,1	23,3	166,7
SO1-J-B3	25,7	22,7	19,6	13,9	8,6	5,2	3,3	4,0	7,9	13,5	19,1	23,3	166,7
SO1-J-C3	25,7	22,7	19,6	13,9	8,6	5,2	3,3	4,0	7,9	13,5	19,1	23,3	166,7
SO1-J-D3	25,7	22,7	19,6	13,9	8,6	5,2	3,3	4,0	7,9	13,5	19,1	23,3	166,7
D1-S-B1	39,9	35,2	30,5	21,6	13,4	8,1	5,1	6,2	12,2	21,0	29,7	36,1	258,8

KÓD KONSTRUKCE	SOLÁRNÍ TEPELNÝ ZISK Q_{sol} [kWh]												
	LEDEN	ÚNOR	BŘEZEN	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ	ŘÍJEN	LISTOPAD	PROSINEC	ROK
	$Q_{sol,1}$	$Q_{sol,2}$	$Q_{sol,3}$	$Q_{sol,4}$	$Q_{sol,5}$	$Q_{sol,6}$	$Q_{sol,7}$	$Q_{sol,8}$	$Q_{sol,9}$	$Q_{sol,10}$	$Q_{sol,11}$	$Q_{sol,12}$	Q_{sol} [kWh]
O1-J-B1	132,7	220,6	324,9	374,2	381,2	334,3	349,2	418,4	348,7	289,5	149,5	101,5	3424,9
O3-J-D2	15,9	26,5	39,0	45,0	45,8	40,2	42,0	50,3	41,9	34,8	18,0	12,2	411,4
O2-Z-C1	14,7	26,9	47,4	72,3	85,8	84,4	81,3	78,9	57,1	37,4	18,9	12,2	617,3
O3-Z-A2	7,7	14,2	24,9	38,0	45,1	44,3	42,7	41,4	30,0	19,6	9,9	6,4	324,3
O3-Z-B2	7,7	14,2	24,9	38,0	45,1	44,3	42,7	41,4	30,0	19,6	9,9	6,4	324,3
O3-V-A2	6,2	11,8	22,0	32,4	44,3	40,8	41,9	40,9	25,0	17,6	7,5	4,5	294,7
O4-S-A2	1,1	1,7	3,1	4,6	6,1	6,4	6,2	5,2	3,4	2,6	1,3	0,8	42,4
O4-S-A3	1,1	1,7	3,1	4,6	6,1	6,4	6,2	5,2	3,4	2,6	1,3	0,8	42,4
SO1-J-A3	21,2	36,9	63,9	91,2	110,4	104,1	104,3	107,8	75,2	52,7	24,7	15,5	807,8
SO1-J-B3	21,2	36,9	63,9	91,2	110,4	104,1	104,3	107,8	75,2	52,7	24,7	15,5	807,8
SO1-J-C3	21,2	36,9	63,9	91,2	110,4	104,1	104,3	107,8	75,2	52,7	24,7	15,5	807,8
SO1-J-D3	21,2	36,9	63,9	91,2	110,4	104,1	104,3	107,8	75,2	52,7	24,7	15,5	807,8
D1-S-B1	0,8	1,3	2,3	3,5	4,6	4,9	4,7	3,9	2,5	2,0	1,0	0,6	32,1



KÓD KONSTRUKCE	VYUŽITELNOST SOLÁRNÍCH TEPELNÝCH ZISKŮ $\eta_{g,sol}$ [-]											
	LEDEN $\eta_{g,1}$	ÚNOR $\eta_{g,2}$	BŘEZEN $\eta_{g,3}$	DUBEN $\eta_{g,4}$	KVĚTEN $\eta_{g,5}$	ČERVEN $\eta_{g,6}$	ČERVENEC $\eta_{g,7}$	SRPEN $\eta_{g,8}$	ZÁŘÍ $\eta_{g,9}$	ŘÍJEN $\eta_{g,10}$	LISTOPAD $\eta_{g,11}$	PROSINEC $\eta_{g,12}$
O1-J-B1	0,86	0,45	0,27	0,16	0,10	0,07	0,04	0,04	0,10	0,21	0,57	1,00
O3-J-D2	1,00	0,65	0,38	0,23	0,14	0,10	0,06	0,06	0,14	0,29	0,81	1,00
O2-Z-C1	1,00	1,00	0,53	0,25	0,13	0,08	0,05	0,07	0,18	0,47	1,00	1,00
O3-Z-A2	1,00	1,00	0,60	0,28	0,14	0,09	0,06	0,07	0,20	0,52	1,00	1,00
O3-Z-B2	1,00	1,00	0,60	0,28	0,14	0,09	0,06	0,07	0,20	0,52	1,00	1,00
O3-V-A2	1,00	1,00	0,68	0,33	0,15	0,10	0,06	0,07	0,24	0,58	1,00	1,00
O4-S-A2	1,00	1,00	1,00	0,88	0,41	0,24	0,15	0,23	0,68	1,00	1,00	1,00
O4-S-A3	1,00	1,00	1,00	0,88	0,41	0,24	0,15	0,23	0,68	1,00	1,00	1,00
SO1-J-A3	1,00	0,62	0,31	0,15	0,08	0,05	0,03	0,04	0,10	0,26	0,77	1,00
SO1-J-B3	1,00	0,62	0,31	0,15	0,08	0,05	0,03	0,04	0,10	0,26	0,77	1,00
SO1-J-C3	1,00	0,62	0,31	0,15	0,08	0,05	0,03	0,04	0,10	0,26	0,77	1,00
SO1-J-D3	1,00	0,62	0,31	0,15	0,08	0,05	0,03	0,04	0,10	0,26	0,77	1,00
D1-S-B1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

KÓD KONSTRUKCE	BILANČNÍ PROSTUP TEPLA $Q_{bil} = Q_{LT} \cdot Q_{sol,g}$ [kWh]												ROK Q_{bil} [kWh]
	LEDEN $Q_{bil,1}$	ÚNOR $Q_{bil,2}$	BŘEZEN $Q_{bil,3}$	DUBEN $Q_{bil,4}$	KVĚTEN $Q_{bil,5}$	ČERVEN $Q_{bil,6}$	ČERVENEC $Q_{bil,7}$	SRPEN $Q_{bil,8}$	ZÁŘÍ $Q_{bil,9}$	ŘÍJEN $Q_{bil,10}$	LISTOPAD $Q_{bil,11}$	PROSINEC $Q_{bil,12}$	
O1-J-B1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,4
O3-J-D2	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	8,9
O2-Z-C1	18,5	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	17,8	44,3
O3-Z-A2	11,8	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	11,2	30,5
O3-Z-B2	11,8	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	11,2	30,5
O3-V-A2	13,3	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	13,1	38,8
O4-S-A2	6,5	4,9	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	4,3	6,0	25,7
O4-S-A3	6,5	4,9	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	4,3	6,0	25,7
SO1-J-A3	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	12,3
SO1-J-B3	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	12,3
SO1-J-C3	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	12,3
SO1-J-D3	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	12,3
D1-S-B1	39,1	33,9	28,1	18,1	8,8	3,2	0,4	2,3	9,6	19,0	28,7	35,5	226,8

Obálka budovy - U_{em}

NÁZEV	PLOCHA OBÁLKY BUDOVY CELKEM A [m ²]	ZOHLEDNĚNÍ VLIVU TEPELNÝCH VAZEB ΔU_{tb} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	MĚRNÝ TEPELNÝ TOK PROSTUPEM		SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA OBÁLKY BUDOVY U_{em} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]
			PLOŠNÉ KCE $H_{T,e}$ [W·K ⁻¹]	TEPELNÉ VAZBY $H_{T,tb}$ [W·K ⁻¹]	
OBÁLKA BUDOVY	388,13	0,02	72,17	7,76	0,21



NÁZEV	POSOUZENÍ SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA OBÁLKOUBUDOVY (Vyhláška č. 78/2013 Sb.)				
	POŽADOVANÁ HODNOTA	POŽADOVANÁ PAS. HODNOTA	PASIVNÍ (ČSN 73 0540-2)	NÁVRHOVÁ HODNOTA	VYHODNOCENÍ NÁVRHOVÉ HODNOTY U_{em}
	$U_{em,N,rq}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$U_{em,N,20,rq,pas}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$U_{em,pas}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	U_{em} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	
OBÁLKA BUDOVY	0,40	0,35	0,25	0,21	Vyhovuje pasivnímu standardu dle ČSN

NÁZEV	POŽADOVANÁ NORMOVÁ HODNOTA	KLASIFIKACE SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA OBÁLKOUBUDOVY DO ENERGETICKÉ TŘÍDY (Vyhláška č. 78/2013 Sb.)						
		TŘÍDA A	TŘÍDA B	TŘÍDA C	TŘÍDA D	TŘÍDA E	TŘÍDA F	TŘÍDA G
	$U_{em,N}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$0,65*U_{em,N}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$0,80*U_{em,N}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$1,00*U_{em,N}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$1,50*U_{em,N}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$2,00*U_{em,N}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$2,50*U_{em,N}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	- [W·m ⁻² ·K ⁻¹]
OBÁLKA BUDOVY	0,40	0,26	0,32	0,40	0,60	0,80	1,00	-

NÁZEV	KLASIFIKACE SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA OBÁLKOUBUDOVY U_{em} DO ENERGETICKÉ TŘÍDY (Vyhláška č. 78/2013 Sb.)	VYHODNOCENÍ SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA OBÁLKOUBUDOVY U_{em} (Vyhláška č. 78/2013 Sb. a ČSN 73 0540-2)
OBÁLKA BUDOVY	A	Vyhovuje pasivnímu standardu dle ČSN 73 0540-2

NÁZEV	OBJEM OBÁLKY BUDOVY V [m ³]	OBJEMOVÝ FAKTOR BUDOVY A / V [m ² /m ³]
OBÁLKA BUDOVY	493,88	0,79

Větrání - H_v , Q_v

NÁZEV PROSTORU	PODLAŽÍ [-]	SVĚTLÁ VÝŠKA h_s [m]	PODLAHOVÁ PLOCHA			ČISTÝ OBJEM PROSTORU V_s [m ³]
			CELKOVÁ $A_{s,tot}$ [m ²]	SVISLÉ KCE [%]	ČISTÁ $A_{s,fl}$ [m ²]	
1NP	1	2,54	69,76	10,0	62,78	159,15
2NP	2	2,54	47,07	10,0	42,36	107,60
2NP šikmý strop	2	1,87	22,69	10,0	20,42	38,18

NÁZEV PROSTORU	NÁSOBNOST VÝMĚNY VZDUCHU n [1·h ⁻¹]	ZPŮSOB VĚTRÁNÍ	PRŮMĚRNÝ OBJEMOVÝ TOK VĚTRACÍHO VZDUCHU	
			NÁVRHOVÝ $V_{a,d}$ [m ³ ·h ⁻¹]	VÝPOČTOVÝ V_a [m ³ ·h ⁻¹]
1NP	0,3	NUCENÉ ROVNOTLAKÉ	47,74	9,17
2NP	0,3	NUCENÉ ROVNOTLAKÉ	32,28	6,20
2NP šikmý strop	0,3	NUCENÉ ROVNOTLAKÉ	11,45	2,20



NÁZEV PROSTORU	NÁSOBNOST VÝMĚNY VZDUCHU n_{50} [1*h ⁻¹]	SOUČINITEL VĚTRNÉ EXPOZICE e [-]	VÝMĚNA VZDUCHU NETĚSNOSTMI V_x [m ³ *h ⁻¹]	VÝPOČTOVÁ ÚČINNOST REKUPERACE η_{zzr} [-]	MĚRNÝ TEPELNÝ TOK VĚTRÁNÍM H_v [W*K ⁻¹]	TEPLOTA VNITŘNÍHO VZDUCHU θ_{im} [°C]
1NP	0,6	0,07	2,01	0,85	3,06	20,0
2NP	0,6	0,07	1,36	0,85	2,07	20,0
2NP šikmý strop	0,6	0,07	0,48	0,85	0,73	20,0

NÁZEV PROSTORU	MĚSÍČNÍ TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM Q_v [kWh]											
	LEDEN	ÚNOR	BŘEZEN	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ	ŘÍJEN	LISTOPAD	PROSINEC
	$Q_{v,1}$	$Q_{v,2}$	$Q_{v,3}$	$Q_{v,4}$	$Q_{v,5}$	$Q_{v,6}$	$Q_{v,7}$	$Q_{v,8}$	$Q_{v,9}$	$Q_{v,10}$	$Q_{v,11}$	$Q_{v,12}$
1NP	50,3	44,4	38,4	27,3	16,9	10,2	6,4	7,8	15,4	26,4	37,5	45,5
2NP	34,0	30,0	26,0	18,4	11,4	6,9	4,3	5,3	10,4	17,9	25,3	30,8
2NP šikmý strop	12,1	10,7	9,2	6,5	4,1	2,4	1,5	1,9	3,7	6,3	9,0	10,9

Vnitřní zisky Q_{int}

NÁZEV PROSTORU	PODLAŽÍ [-]	NÁVRHOVÝ POČET OSOB n_{os} [-]	SOUČINITEL PRŮMĚRNÉ OBSAZENOSTI		PLOCHA VYBAVENÍ PROSTORU S_{vp} [-]	MĚRNÝ NÁVRHOVÝ TEPELNÝ ZISK		PRŮMĚRNÝ TEPELNÝ ZISK \dot{Q}_{int} [W]
			NÁVRH occup [-]	KOREKCE occup,c [-]		OSOBA [W/os]	VYBAVENÍ PROSTORU [W/m ²]	
1NP	1	2	0,7	1,0	62,78	100	2	266
2NP	2	2	0,7	1,0	42,36	100	1	182
2NP šikmý strop	2	0	0,7	1,0	20,42	100	0	0

NÁZEV PROSTORU	MĚSÍČNÍ VNITŘNÍ TEPELNÝ ZISK Q_{int} [kWh]											
	LEDEN	ÚNOR	BŘEZEN	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ	ŘÍJEN	LISTOPAD	PROSINEC
	$Q_{v,1}$	$Q_{v,2}$	$Q_{v,3}$	$Q_{v,4}$	$Q_{v,5}$	$Q_{v,6}$	$Q_{v,7}$	$Q_{v,8}$	$Q_{v,9}$	$Q_{v,10}$	$Q_{v,11}$	$Q_{v,12}$
1NP	197,6	184,8	197,6	191,2	197,6	191,2	197,6	197,6	191,2	197,6	191,2	197,6
2NP	135,7	126,9	135,7	131,3	135,7	131,3	135,7	135,7	131,3	135,7	131,3	135,7
2NP šikmý strop	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



Orientace budovy

NÁZEV OBJEKTU	NÁZEV LOKALITY	ZEMĚPISNÁ ŠÍŘKA Φ [°]	ZEMĚPISNÁ DÉLKA L_{40c} [°]	NADMOŘSKÁ VÝŠKA alt [m.n.m.]	MERIDIÁNOVÁ KONVERGENCE C [°]
OBJEKT	PRAHA - RUZYNĚ	50,10	14,10	256	8

NÁZEV OBJEKTU	ORIENTACE FASÁDY KE SVĚTOVÝM STRANÁM DLE S-JTSK				ORIENTACE FASÁDY KE SVĚTOVÝM STRANÁM PO ÚHLOVÉ KONVERGENCI			
	J [°]	Z [°]	V [°]	S [°]	J [°]	Z [°]	V [°]	S [°]
OBJEKT	0,0	90,0	-90,0	180,0	-8,0	82,0	-98,0	172,0

Klimatická data

KALENDÁŘNÍ MĚSÍC	TEPLOTA VENKOVNÍHO VZDUCHU θ_e [°C]	REL.VLHKOST VENKOVNÍHO VZDUCHU φ_e [%]	HUSTOTA NASYČENÉ VODNÍ PÁRY $v_{sat,e}$ [g*m ⁻³]	HUSTOTA VODNÍ PÁRY v_e [g*m ⁻³]	PARC. TLAK NASYČENÉ VODNÍ PÁRY $p_{sat,e}$ [Pa]	PARCIÁLNÍ TLAK VODNÍ PÁRY p_e [Pa]	RYCHLOST VĚTRU w [m*s ⁻¹]
1	-2,1	82,0	4,1	3,4	512	420	4,8
2	-0,9	81,0	4,5	3,7	569	461	4,7
3	3,1	73,9	6,0	4,4	764	564	5,0
4	7,6	68,9	8,1	5,6	1 045	720	4,7
5	12,6	70,1	11,1	7,7	1 457	1 021	4,4
6	15,4	72,6	13,1	9,5	1 749	1 269	4,4
7	17,2	70,7	14,6	10,4	1 962	1 388	4,3
8	16,6	73,0	14,1	10,3	1 885	1 376	4,0
9	13,0	77,2	11,4	8,8	1 500	1 158	4,2
10	8,4	78,7	8,5	6,7	1 102	867	4,2
11	3,0	82,8	5,9	4,9	757	627	4,8
12	0,0	81,3	4,8	3,9	611	496	5,0

POČET DNÍ V MĚSÍCI	DÁVKA SLUNEČNÍHO OZÁŘENÍ H_T DLE SKLONU A ORIENTACE DOPADOVÉ PLOCHY				DÁVKA SLUNEČNÍHO OZÁŘENÍ H_T DLE SKLONU A ORIENTACE DOPADOVÉ PLOCHY			
	90 °				30 °			
	-8 ° [kWh*m ⁻²]	82 ° [kWh*m ⁻²]	-98 ° [kWh*m ⁻²]	172 ° [kWh*m ⁻²]	-8 ° [kWh*m ⁻²]	82 ° [kWh*m ⁻²]	-98 ° [kWh*m ⁻²]	172 ° [kWh*m ⁻²]
31	29,22	14,48	11,52	8,29	29,46	20,94	18,57	13,23
29	48,57	26,61	21,99	13,53	51,28	37,25	33,59	20,62
31	71,52	46,84	41,08	24,22	88,89	70,16	65,22	42,10
30	82,37	71,41	60,61	36,27	126,96	111,61	101,41	80,61
31	83,90	84,77	82,76	47,91	153,61	139,50	136,48	116,89
30	73,59	83,37	76,21	50,62	144,80	138,32	131,47	120,99
31	76,88	80,35	78,33	48,80	145,06	133,99	131,44	116,09
31	92,09	77,92	76,43	40,62	149,95	128,11	125,64	98,29
30	76,77	56,38	46,77	26,47	104,59	86,21	77,21	54,34
31	63,72	36,93	32,94	20,29	73,31	55,22	52,09	32,23
30	32,92	18,64	14,05	10,07	34,42	25,98	22,12	16,11
31	22,33	12,08	8,40	6,23	21,60	15,84	13,17	10,16



Potřeba tepla na vytápění Q_{nd}

PODLAŽÍ	TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM Q_{LT} [kWh]												
	LEDEN	ÚNOR	BŘEZEN	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ	ŘÍJEN	LISTOPAD	PROSINEC	ROK
	$Q_{LT,1}$	$Q_{LT,2}$	$Q_{LT,3}$	$Q_{LT,4}$	$Q_{LT,5}$	$Q_{LT,6}$	$Q_{LT,7}$	$Q_{LT,8}$	$Q_{LT,9}$	$Q_{LT,10}$	$Q_{LT,11}$	$Q_{LT,12}$	Q_{LT} [kWh]
1	623,7	550,4	476,2	338,2	209,4	125,8	79,0	96,8	190,6	327,6	464,2	564,4	4046,2
2	564,9	498,5	431,4	306,3	189,7	114,0	71,6	87,7	172,6	296,7	420,5	511,2	3665,2
SUMA	1188,6	1048,9	907,6	644,5	399,1	239,8	150,6	184,6	363,2	624,3	884,6	1075,6	7711,4

PODLAŽÍ	TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM Q_v [kWh]												
	LEDEN	ÚNOR	BŘEZEN	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ	ŘÍJEN	LISTOPAD	PROSINEC	ROK
	$Q_{v,1}$	$Q_{v,2}$	$Q_{v,3}$	$Q_{v,4}$	$Q_{v,5}$	$Q_{v,6}$	$Q_{v,7}$	$Q_{v,8}$	$Q_{v,9}$	$Q_{v,10}$	$Q_{v,11}$	$Q_{v,12}$	Q_v [kWh]
1	50,3	44,4	38,4	27,3	16,9	10,2	6,4	7,8	15,4	26,4	37,5	45,5	326,5
2	46,1	40,7	35,2	25,0	15,5	9,3	5,8	7,2	14,1	24,2	34,3	41,7	299,1
SUMA	96,4	85,1	73,6	52,3	32,4	19,5	12,2	15,0	29,5	50,6	71,8	87,2	625,5

PODLAŽÍ	SOLÁRNÍ TEPELNÝ ZISK Q_{sol} [kWh]												
	LEDEN	ÚNOR	BŘEZEN	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ	ŘÍJEN	LISTOPAD	PROSINEC	ROK
	$Q_{sol,1}$	$Q_{sol,2}$	$Q_{sol,3}$	$Q_{sol,4}$	$Q_{sol,5}$	$Q_{sol,6}$	$Q_{sol,7}$	$Q_{sol,8}$	$Q_{sol,9}$	$Q_{sol,10}$	$Q_{sol,11}$	$Q_{sol,12}$	Q_{sol} [kWh]
1	165,2	277,1	416,8	499,6	523,5	470,2	483,4	556,6	453,6	366,2	188,6	127,3	4528,0
2	107,3	189,2	330,4	478,0	582,1	552,2	550,6	560,0	389,0	270,2	127,6	80,2	4216,9
SUMA	272,5	466,3	747,2	977,5	1105,6	1022,4	1034,0	1116,6	842,7	636,4	316,2	207,5	8745,0

PODLAŽÍ	VNITŘNÍ TEPELNÝ ZISK Q_{int} [kWh]												
	LEDEN	ÚNOR	BŘEZEN	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ	ŘÍJEN	LISTOPAD	PROSINEC	ROK
	$Q_{v,1}$	$Q_{v,2}$	$Q_{v,3}$	$Q_{v,4}$	$Q_{v,5}$	$Q_{v,6}$	$Q_{v,7}$	$Q_{v,8}$	$Q_{v,9}$	$Q_{v,10}$	$Q_{v,11}$	$Q_{v,12}$	Q_{int} [kWh]
1	197,6	184,8	197,6	191,2	197,6	191,2	197,6	197,6	191,2	197,6	191,2	197,6	2332,7
2	135,7	126,9	135,7	131,3	135,7	131,3	135,7	135,7	131,3	135,7	131,3	135,7	1601,9
SUMA	333,3	311,8	333,3	322,5	333,3	322,5	333,3	333,3	322,5	333,3	322,5	333,3	3934,5

PODLAŽÍ	ČISTÁ PODLAHOVÁ PLOCHA $A_{s,fl}$ [m ²]	ENERGETICKÝ VZTAŽNÁ PLOCHA $A_{s,en}$ [m ²]	SVISLÉ STAVEBNÍ KONSTRUKCE [%]	TEPELNÁ KAPACITA ZÓNY C_m [J/K]	MĚRNÝ TEPELNÝ TOK PROSTUPEM H_T [W·K ⁻¹]	MĚRNÝ TEPELNÝ TOK VĚTRÁNÍM H_v [W·K ⁻¹]	ČASOVÁ KONSTANTA VYT. ZÓNY τ [h]
1	62,78	84,19	25,43	6905797	37,87	3,06	46,87
2	62,78	84,19	25,43	6905797	34,30	2,80	51,70
SUMA	125,56	168,37		13811594	72,17	5,85	98,57



PODLAŽÍ	POMĚR TEPELNÝCH ZISKŮ A ZTRÁT γ [-]											
	LEDEN	ÚNOR	BŘEZEN	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ	ŘÍJEN	LISTOPAD	PROSINEC
	γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	γ_5	γ_6	γ_7	γ_8	γ_9	γ_{10}	γ_{11}	γ_{12}
1	0,54	0,78	1,19	1,89	3,19	4,86	7,97	7,21	3,13	1,59	0,76	0,53
2	0,40	0,59	1,00	1,84	3,50	5,54	8,86	7,33	2,79	1,26	0,57	0,39

PODLAŽÍ	VYUŽITELNOST TEPELNÝCH ZISKŮ η_g [-]											
	LEDEN	ÚNOR	BŘEZEN	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ	ŘÍJEN	LISTOPAD	PROSINEC
	$\eta_{g,1}$	$\eta_{g,2}$	$\eta_{g,3}$	$\eta_{g,4}$	$\eta_{g,5}$	$\eta_{g,6}$	$\eta_{g,7}$	$\eta_{g,8}$	$\eta_{g,9}$	$\eta_{g,10}$	$\eta_{g,11}$	$\eta_{g,12}$
1	0,96	0,89	0,73	0,51	0,31	0,21	0,13	0,14	0,32	0,59	0,90	0,96
2	0,99	0,96	0,82	0,53	0,29	0,18	0,11	0,14	0,36	0,71	0,96	0,99

PODLAŽÍ	POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ Q_{nd} [kWh]												
	LEDEN	ÚNOR	BŘEZEN	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ	ŘÍJEN	LISTOPAD	PROSINEC	ROK
	$Q_{nd,1}$	$Q_{nd,2}$	$Q_{nd,3}$	$Q_{nd,4}$	$Q_{nd,5}$	$Q_{nd,6}$	$Q_{nd,7}$	$Q_{nd,8}$	$Q_{nd,9}$	$Q_{nd,10}$	$Q_{nd,11}$	$Q_{nd,12}$	Q_{nd} [kWh]
1	324,8	182,9	67,5	13,0	1,3	0,2	0,0	0,0	1,3	21,3	160,3	296,8	1069,3
2	370,5	235,9	85,9	10,4	0,6	0,0	0,0	0,0	1,3	32,7	205,4	339,0	1281,8
SUMA	695,3	418,8	153,3	23,4	1,9	0,2	0,0	0,0	2,5	54,0	365,8	635,8	2351,1

PODLAŽÍ	MĚRNÁ POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ E_A [kWh·m ⁻²] (Zákon č.406/2000 sb. - energeticky vztáhná plocha)												
	LEDEN	ÚNOR	BŘEZEN	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ	ŘÍJEN	LISTOPAD	PROSINEC	ROK
	$E_{A,1}$	$E_{A,2}$	$E_{A,3}$	$E_{A,4}$	$E_{A,5}$	$E_{A,6}$	$E_{A,7}$	$E_{A,8}$	$E_{A,9}$	$E_{A,10}$	$E_{A,11}$	$E_{A,12}$	E_A [kWh·m ⁻²]
1	3,86	2,17	0,80	0,15	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,25	1,90	3,53	12,70
2	4,40	2,80	1,02	0,12	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,39	2,44	4,03	15,23
SUMA	4,13	2,49	0,91	0,14	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,32	2,17	3,78	13,96





PŘÍLOHA 8 – Výpočet potřeby primární energie rodinného domu

ČÍSLO VARIANTY	NÁZEV VARIANTY	ENERGETICKÝ VZTAŽNÁ PLOCHA $A_{s,gen}$ [m ²]
R1	Referenční budova - $U_{N,20}$, VZT zt 60%	84,19
D1	Návrh 1 - VZT zt 85%, stropní topné folie	84,19
D2	Návrh 2 - VZT zt 85%, stropní topné folie, FV panely	84,19

ČÍSLO VARIANTY	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA OBÁLKY BUDOVY U_{em} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ Q_{nd} [kWh*rok ⁻¹]	ÚČINNOST VÝROBY ENERGIE NA VYT. ZDROJEM $\eta_{H,gen}$ [-]	ÚČINNOST DISTRIBUCE EN. NA VYTÁPĚNÍ $\eta_{H,dis}$ [-]	ÚČINNOST SDÍLENÍ ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ $\eta_{H,em}$ [-]
R1	0,41	9852	0,80	0,85	0,80
D1	0,21	2351	0,99	0,99	0,99
D2	0,21	2351	0,99	0,99	0,99

ČÍSLO VARIANTY	DÍLČÍ VYPOČTENÁ SPOTŘEBA ENERGIE Q_{gen} HODNOTY PRO CELOUBUDOVU					
	VYTÁPĚNÍ [MWh*rok ⁻¹]	CHLAZENÍ [MWh*rok ⁻¹]	VĚTRÁNÍ [MWh*rok ⁻¹]	ÚPRAVA VLHKOSTI [MWh*rok ⁻¹]	TEPLÁ VODA [MWh*rok ⁻¹]	OSVĚTLENÍ A SPOTŘEBIČE [MWh*rok ⁻¹]
R1	14,3	0,00	0,44	0,00	2,90	3,20
D1	2,4	0,00	0,44	0,00	2,90	3,20
D2	2,4	0,00	0,44	0,00	2,90	3,20

ČÍSLO VARIANTY	DÍLČÍ POMOCNÁ ENERGIE Q_{aux} HODNOTY PRO CELOUBUDOVU					
	VYTÁPĚNÍ [MWh*rok ⁻¹]	CHLAZENÍ [MWh*rok ⁻¹]	VĚTRÁNÍ [MWh*rok ⁻¹]	ÚPRAVA VLHKOSTI [MWh*rok ⁻¹]	TEPLÁ VODA [MWh*rok ⁻¹]	OSVĚTLENÍ A SPOTŘEBIČE [MWh*rok ⁻¹]
R1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0
D1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0
D2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0

ČÍSLO VARIANTY	DÍLČÍ DODANÉ ENERGIE Q_{nd} HODNOTY PRO CELOUBUDOVU					
	VYTÁPĚNÍ [MWh*rok ⁻¹]	CHLAZENÍ [MWh*rok ⁻¹]	VĚTRÁNÍ [MWh*rok ⁻¹]	ÚPRAVA VLHKOSTI [MWh*rok ⁻¹]	TEPLÁ VODA [MWh*rok ⁻¹]	OSVĚTLENÍ A SPOTŘEBIČE [MWh*rok ⁻¹]
R1	14,4	0,0	0,4	0,0	2,9	3,2
D1	2,4	0,0	0,4	0,0	2,9	3,2
D2	2,4	0,0	0,4	0,0	2,9	3,2



ČÍSLO VARIANTY	DÍLČÍ DODANÉ ENERGIE MĚRNÉ HODNOTY					
	VYTÁPĚNÍ	CHLAZENÍ	VĚTRÁNÍ	ÚPRAVA VLHKOSTI	TEPLÁ VODA	OSVĚTLENÍ A SPOTŘEBIČE
	[kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]	[kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]	[kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]	[kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]	[kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]	[kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]
R1	171,6	0,0	5,2	0,0	34,4	38,0
D1	28,8	0,0	5,2	0,0	34,4	38,0
D2	28,8	0,0	5,2	0,0	34,4	38,0

ČÍSLO VARIANTY	FAKTOR CELKOVÉ PRIMÁRNÍ ENERGIE						
	VYTÁPĚNÍ	CHLAZENÍ	VĚTRÁNÍ	ÚPRAVA VLHKOSTI	TEPLÁ VODA	OSVĚTLENÍ A SPOTŘEBIČE	POMOCNÁ ENERGIE
	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
R1	1,1		3,2		1,1	3,2	3,2
D1	3,2		3,2		3,2	3,2	3,2
D2	2,4		0,0		2,0	1,3	3,2

ČÍSLO VARIANTY	FAKTOR NEOBNOVITELNÉ PRIMÁRNÍ ENERGIE						
	VYTÁPĚNÍ	CHLAZENÍ	VĚTRÁNÍ	ÚPRAVA VLHKOSTI	TEPLÁ VODA	OSVĚTLENÍ A SPOTŘEBIČE	POMOCNÁ ENERGIE
	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
R1	1,1		3,0		1,1	3,0	3,0
D1	3,0		3,0		3,0	3,0	3,0
D2	2,3		0,0		1,9	1,2	3,0

ČÍSLO VARIANTY	DÍLČÍ CELKOVÁ PRIMÁRNÍ ENERGIE HODNOTY PRO CELOU BUDOVU					
	VYTÁPĚNÍ	CHLAZENÍ	VĚTRÁNÍ	ÚPRAVA VLHKOSTI	TEPLÁ VODA	OSVĚTLENÍ A SPOTŘEBIČE
	[MWh*rok ⁻¹]	[MWh*rok ⁻¹]	[MWh*rok ⁻¹]	[MWh*rok ⁻¹]	[MWh*rok ⁻¹]	[MWh*rok ⁻¹]
R1	16,1	0,0	1,4	0,0	3,2	10,2
D1	7,7	0,0	1,4	0,0	9,3	10,2
D2	5,8	0,0	0,0	0,0	5,7	4,1

ČÍSLO VARIANTY	DÍLČÍ CELKOVÁ PRIMÁRNÍ ENERGIE MĚRNÉ HODNOTY					
	VYTÁPĚNÍ	CHLAZENÍ	VĚTRÁNÍ	ÚPRAVA VLHKOSTI	TEPLÁ VODA	OSVĚTLENÍ A SPOTŘEBIČE
	[kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]	[kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]	[kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]	[kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]	[kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]	[kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]
R1	191,2	0,0	16,6	0,0	37,9	121,6
D1	92,0	0,0	16,6	0,0	110,1	121,6
D2	69,1	0,0	0,0	0,0	68,2	49,0



ČÍSLO VARIANTY	DÍLČÍ NEOBNOVITELNÁ PRIMÁRNÍ ENERGIE					
	HODNOTY PRO CELOU BUDOVU					
	VYTÁPĚNÍ [MWh*rok ⁻¹]	CHLAZENÍ [MWh*rok ⁻¹]	VĚTRÁNÍ [MWh*rok ⁻¹]	ÚPRAVA VLHKOSTI [MWh*rok ⁻¹]	TEPLÁ VODA [MWh*rok ⁻¹]	OSVĚTLENÍ A SPOTŘEBIČE [MWh*rok ⁻¹]
R1	16,1	0,0	1,3	0,0	3,2	9,6
D1	7,3	0,0	1,3	0,0	8,7	9,6
D2	5,5	0,0	0,0	0,0	5,4	3,9

ČÍSLO VARIANTY	DÍLČÍ NEOBNOVITELNÁ PRIMÁRNÍ ENERGIE					
	MĚRNÉ HODNOTY					
	VYTÁPĚNÍ [kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]	CHLAZENÍ [kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]	VĚTRÁNÍ [kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]	ÚPRAVA VLHKOSTI [kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]	TEPLÁ VODA [kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]	OSVĚTLENÍ A SPOTŘEBIČE [kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]
R1	191,0	0,0	15,6	0,0	37,9	114,0
D1	86,3	0,0	15,6	0,0	103,2	114,0
D2	64,8	0,0	0,0	0,0	63,9	46,0

ČÍSLO VARIANTY	ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY					
	MĚRNÉ HODNOTY			HODNOTY PRO CELOU BUDOVU		
	CELKOVÁ DODANÁ ENERGIE [kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]	CELKOVÁ PRIMÁRNÍ ENERGIE [kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]	NEOBNOVITELNÁ PRIMÁRNÍ ENERGIE [kWh*m ⁻² *rok ⁻¹]	CELKOVÁ DODANÁ ENERGIE [MWh*rok ⁻¹]	CELKOVÁ PRIMÁRNÍ ENERGIE [MWh*rok ⁻¹]	NEOBNOVITELNÁ PRIMÁRNÍ ENERGIE [MWh*rok ⁻¹]
R1	249,2	367,4	358,5	21,0	30,9	30,2
D1	106,4	340,4	319,2	9,0	28,7	26,9
D2	106,4	186,3	174,7	9,0	15,7	14,7

ČÍSLO VARIANTY	VYHODNOCENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY			
	dle vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov			
	CELKOVÁ DODANÁ ENERGIE (ER=249,2)		NEOBNOVITELNÁ PRIMÁRNÍ ENERGIE (ER=358,5)	
	KLASIFIKAČNÍ TŘÍDA	SLOVNÍ VYJÁDŘENÍ KLASIFIKAČNÍ TŘÍDY	KLASIFIKAČNÍ TŘÍDA	SLOVNÍ VYJÁDŘENÍ KLASIFIKAČNÍ TŘÍDY
R1	C	Úsporná	C	Úsporná
D1	A	Mimořádně úsporná	C	Úsporná
D2	A	Mimořádně úsporná	A	Mimořádně úsporná

ČÍSLO VARIANTY	UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY						
	dle vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov						
	OBÁLKA BUDOVY (Ur=0,4)	VYTÁPĚNÍ (ER=171,6)	CHLAZENÍ (ER=0,0)	VĚTRÁNÍ (ER=5,2)	ÚPRAVA VLHKOSTI (ER=0,0)	TEPLÁ VODA (ER=34,4)	OSVĚTLENÍ A SPOTŘEBIČE (ER=38,0)
R1	D	C		C		C	C
D1	A	A		C		C	C
D2	A	A		C		C	C



Potenciál globálního oteplování

ČÍSLO VARIANTY	EMISNÍ FAKTOR POTENCIÁLU GLOBÁLNÍHO OTEPLOVÁNÍ						
	VYTÁPĚNÍ [kg/MJ]	CHLAZENÍ [kg/MJ]	VĚTRÁNÍ [kg/MJ]	ÚPRAVA VLHKOSTI [kg/MJ]	TEPLÁ VODA [kg/MJ]	OSVĚTLENÍ A SPOTŘEBIČE [kg/MJ]	POMOCNÉ ENERGIE [kg/MJ]
R1	0,0716		0,2110		0,0716	0,2110	0,2110
D1	0,2110		0,2110		0,2110	0,2110	0,2110
D2	0,1584		0,0000		0,1307	0,0851	0,2110

ČÍSLO VARIANTY	ROČNÍ PROVOZNÍ EMISE CO ₂					
	VYTÁPĚNÍ [kg CO _{2,ekv.} ·rok ⁻¹]	CHLAZENÍ [kg CO _{2,ekv.} ·rok ⁻¹]	VĚTRÁNÍ [kg CO _{2,ekv.} ·rok ⁻¹]	ÚPRAVA VLHKOSTI [kg CO _{2,ekv.} ·rok ⁻¹]	TEPLÁ VODA [kg CO _{2,ekv.} ·rok ⁻¹]	OSVĚTLENÍ A SPOTŘEBIČE [kg CO _{2,ekv.} ·rok ⁻¹]
R1	3773,4	0,0	332,7	0,0	746,8	2430,7
D1	1838,9	0,0	332,7	0,0	2200,7	2430,7
D2	1380,3	0,0	0,0	0,0	1362,8	980,1

ČÍSLO VARIANTY	MĚRNÉ ROČNÍ PROVOZNÍ EMISE CO ₂					
	VYTÁPĚNÍ [kg CO ₂ ·m ⁻² ·rok ⁻¹]	CHLAZENÍ [kg CO ₂ ·m ⁻² ·rok ⁻¹]	VĚTRÁNÍ [kg CO ₂ ·m ⁻² ·rok ⁻¹]	ÚPRAVA VLHKOSTI [kg CO ₂ ·m ⁻² ·rok ⁻¹]	TEPLÁ VODA [kg CO ₂ ·m ⁻² ·rok ⁻¹]	OSVĚTLENÍ A SPOTŘEBIČE [kg CO ₂ ·m ⁻² ·rok ⁻¹]
R1	44,8	0,0	4,0	0,0	8,9	28,9
D1	21,8	0,0	4,0	0,0	26,1	28,9
D2	16,4	0,0	0,0	0,0	16,2	11,6

ČÍSLO VARIANTY	MĚRNÉ ROČNÍ PROVOZNÍ EMISE CO ₂
	CELKEM GWP [kg CO ₂ ·m ⁻² ·rok ⁻¹]
R1	86,5
D1	80,8
D2	44,2
0	0,0
0	0,0



Pomocné výpočty

POTŘEBA TEPLA NA PŘÍPRAVU TV

PARAMETR	OZNAČENÍ	HODNOTA	JEDNOTKY
Hustota vody	ρ	1000	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Měrná tepelná kapacita vody	c	4186	$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Potřeba teplé vody na osobu na den	$V_{2p,os}$	0,04	$\text{m}^3\cdot\text{den}^{-1}$
Počet osob	n	4	os
Celková potřeba teplé vody na den	V_{2p}	0,16	$\text{m}^3\cdot\text{den}^{-1}$
Teplota studené vody	t_1	10	$^{\circ}\text{C}$
Teplota teplé vody	t_2	55	$^{\circ}\text{C}$
Koeficient energetických ztrát systému	z	0,1	-
Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody	$Q_{TV,d}$	9,21	kWh/den
Teplota studené vody v zimním období	$t_{sv,z}$	5	$^{\circ}\text{C}$
Teplota studené vody v letním období	$t_{sv,l}$	15	$^{\circ}\text{C}$
Počet pracovních dní soustavy v roce	N	365	den
Délka otopného období	d	225	den
Roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody	$Q_{TV,r}$	2,90	MWh/rok

PŘEHLED POUŽITÝCH VZTAHŮ

$$V_{2p} = n \cdot V_{2p,os}$$

$$Q_{TV,d} = (1+z) \cdot \rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1) / 3600$$

$$Q_{TV,r} = Q_{TV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TV,d} \cdot (t_2 - t_{sv,l}) / (t_2 - t_{sv,z}) \cdot (N - d)$$

MĚSÍC	n	t_2'	$Q_{TV,d}$	$Q_{TV,měs}$	REDUKCE	$Q_{TV,měs,red}$
	den	$^{\circ}\text{C}$	kWh/den	kWh/měs	-	kWh/měs
1	31	5	10,23	317,21	0,156	267,72
2	29	5	10,23	296,74	0,156	250,45
3	31	5	10,23	317,21	0,156	267,72
4	30	10	9,21	276,28	0,156	233,18
5	31	10	9,21	285,49	0,156	240,95
6	30	10	9,21	276,28	0,156	233,18
7	31	15	8,19	253,76	0,156	214,18
8	31	15	8,19	253,76	0,156	214,18
9	30	10	9,21	276,28	0,156	233,18
10	31	10	9,21	285,49	0,156	240,95
11	30	10	9,21	276,28	0,156	233,18
12	31	5	10,23	317,21	0,156	267,72
SUMA [MWh/rok]				3,43		2,90



VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY VYTÁPĚNÉ ZÓNY DLE ČSN EN 12831

OZNAČENÍ ZÓNY	OZNAČENÍ KONSTRUKCE	DĚLKA KONSTRUKCE			POČET OTVORŮ	PLOCHA OTVORU		PLOCHA KONSTRUKCE BEZ OTVORŮ	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA KONSTRUKCE	KOREKČNÍ SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA	VNITŘNÍ VÝPOČTOVÁ TEPLOTA	EXTERIEROVÁ VÝPOČTOVÁ TEPLOTA	VNĚJŠÍ VÝPOČTOVÁ TEPLOTA	ČINITEL TEPELOTNÍ REDUKCE $b = (\theta_i - \theta_u) / (\theta_i - \theta_e)$	SOUČINITEL TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM $H_r = A \cdot (U + \Delta U) \cdot b$	NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_T = H_r \cdot (\theta_i - \theta_e)$
		m	m	A		m ²	m ²									
				m ²					$U \cdot W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	$\Delta U \cdot W \cdot m^{-2} \cdot K^{-2}$	°C	°C	°C	-	$W \cdot K^{-1}$	W
OBÝVACÍ POKOJ	OBVODOVÁ STĚNA	19,16	3,20	61,30	1	15,63	45,66	0,14	0,02		20	-15	-15	1,00	7,31	255,7
	VNITŘNÍ STĚNA	7,76	3,20	24,83	1	1,68	23,15	0,83	0,02		20	-15	15	0,14	2,81	98,4
	PODLAHA			50,00	0	0,00	50,00	0,13	0,02		20	-15	-15	1,00	7,50	262,5
	OKNO 1	4,29	2,56	10,97	0	0,00	10,97	0,55	0,02		20	-15	-15	1,00	6,25	218,8
	OKNO 2	1,16	2,56	2,97	0	0,00	2,97	0,59	0,02		20	-15	-15	1,00	1,81	63,4
	OKNO 3	1,16	1,46	1,69	0	0,00	1,69	0,61	0,02		20	-15	-15	1,00	1,07	37,3
	DVEŘE 1	0,80	2,10	1,68	0	0,00	1,68	2,00	0,02		20	-15	15	0,14	0,48	17,0
OZNAČENÍ ZÓNY	PODLAHOVÁ PLOCHA ZÓNY	A_s	SVĚTLÁ VÝŠKA ZÓNY	OBJEM VZDUCHU ZÓNY	POŽADOVANÁ VÝMĚNA VZDUCHU	MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA VZDUCHU	HUSTOTA VZDUCHU	ÚČINNOST ZPĚTNÉHO ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA	SOUČINITEL TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM $H_v = V_m \cdot n \cdot c_p \cdot \rho \cdot (1 - \eta_{ztr})$	NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM $\Phi_v = H_v \cdot (\theta_i - \theta_e)$	NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_T = H_r \cdot (\theta_i - \theta_e)$	CELKOVÉ SOLÁRNÍ TEPELNÉ ZISKY	CELKOVÉ VNITŘNÍ TEPELNÉ ZISKY	CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $\Phi = \Phi_v + \Phi_T$		
		m ²														
		41,9	2,54	106,3	1	0,281	1,3	0,85	5,82	204	953	0	500	657		

NÁVRH ZPŮSOBU VYTÁPĚNÍ ZÓNY

POPIS

Topná fólie pro stropní vytápění

NÁZEV

ECOFILM C

MĚRNÝ VÝKON

100 W·m⁻² (snížený výkon pro nízkoenergetické a pasivní domy)

POTŘEBNÝ VÝKON

657 W

POTŘEBNÁ PLOCHA

6,57 m²



VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY VYTÁPĚNÉ ZÓNY DLE ČSN EN 12831

OZNAČENÍ ZÓNY		OZNAČENÍ KONSTRUKCE																											
		DĚLKA KONSTRUKCE		ŠÍŘKY NEBO VÝŠKA KONSTRUKCE		PLOCHA KONSTRUKCE		POČET OTVORŮ		PLOCHA OTVORU		PLOCHA KONSTRUKCE BEZ OTVORŮ		SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA KONSTRUKCE		KOREKČNÍ SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA		VNITŘNÍ VÝPOČTOVÁ TEPLOTA		EXTERIEROVÁ VÝPOČTOVÁ TEPLOTA		VNĚJŠÍ VÝPOČTOVÁ TEPLOTA		ČINITEL TEPLOTNÍ REDUKCE b = (θ _i - θ _u)/(θ _i - θ _e)		SOUČINITEL TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM H _T = A · (U+ΔU) · b		NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM Φ _T = H _T · (θ _i - θ _e)	
		m	m	m ²		m ²	m ²	W·m ⁻² ·K ⁻¹	W·m ⁻² ·K ⁻²	°C	°C	°C	-	W·K ⁻¹	W														
KOUPELNA	OBVODOVÁ STĚNA	5,51	3,20	17,63	1	0,58	17,05	0,14	0,02	24	-15	-15	1,00	2,73	106,4														
	VNITŘNÍ STĚNA	2,75	3,20	8,80	1	1,47	7,33	1,16	0,02	24	-15	15	0,23	2,00	77,8														
	PODLAHA	2,76	2,75	7,59	0	0,00	7,59	0,13	0,02	24	-15	-15	1,00	1,14	44,4														
	OKNO	1,16	0,50	0,58	0	0,00	0,58	0,68	0,02	24	-15	-15	1,00	0,41	15,8														
	DVEŘE	0,70	2,10	1,47	0	0,00	1,47	2,00	0,02	24	-15	15	0,23	0,69	26,7														

OZNAČENÍ ZÓNY		PODLAHOVÁ PLOCHA ZÓNY		SVĚTLÁ VÝŠKA ZÓNY		OBJEM VZDUCHU ZÓNY		POŽADOVANÁ VÝMĚNA VZDUCHU		MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA VZDUCHU		HUSTOTA VZDUCHU		ÚČINNOST ZPĚTNÉHO ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA		SOUČINITEL TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM H _v = V _m · c _p · ρ · (1-η _{zt})		NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM Φ _v = H _v · (θ _i - θ _e)		NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM Φ _T = H _T · (θ _i - θ _e)		CELKOVÉ SOLÁRNÍ TEPELNÉ ZISKY		CELKOVÉ VNITŘNÍ TEPELNÉ ZISKY		CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA Φ = Φ _T + Φ _v	
		A _s	h _s	V _s	n	c _p Wh·kg ⁻¹ ·K ⁻¹	ρ kg·m ⁻³	η _{zt}	H _v W·K ⁻¹	Q _v W	Q _T W	Q _{sol} W	Q _{int} W	Φ													
		m ²	m	m ³	h ⁻¹			-																			
KOUPELNA		4,73	2,54	12,014	5	0,2806	1,2	0,85	3,0336	118,31	271,21	0	150	239,5													

NÁVRH ZPŮSOBU VYTÁPĚNÍ ZÓNY

POPIS	Topná fólie pro stropní vytápění
NÁZEV	ECOFILM C
MĚRNÝ VÝKON	200 W·m ⁻²
POTŘEBNÝ VÝKON	240 W
POTŘEBNÁ PLOCHA	1,20 m ²



DIMENZE VZDUCHOTECHNICKÝCH ROZVODŮ

NÁZEV VZT POTRUBÍ	PODLAHOVÁ PLOCHA PROSTORU S_s [m ²]	SVĚTLÁ VÝŠKA PROSTORU h_s [m]	OBJEM VZDUCHU PROSTORU V_s [m ³]	POŽADOVANÁ VÝMĚNA VZDUCHU n [h ⁻¹]	OBJEM VÝMĚNY VZDUCHU V_a [m ³ ·h ⁻¹]
SPIRO- hala	69,76	2,54	177,18	0,6	106,31

NÁZEV VZT POTRUBÍ	MAX. RYCHLOST PROUDĚNÍ VZDUCHU v_{max} [m·s ⁻¹]	MIN. VNITŘNÍ PLOCHA PRŮŘEZU $S_{in,min}$ [m ²]	MIN. PRŮMĚR KRUHOVÉHO POTRUBÍ $d_{in,min}$ [mm]	MINIMÁLNÍ VNITŘNÍ ROZMĚRY HRANATÉHO POTRUBÍ	
				a_{in} [mm]	$b_{in,min}$ [mm]
SPIRO- hala	2	0,0148	137	100	150

NÁVRH LEŽATÉHO VZDUCHOTECHNICKÉHO POTRUBÍ

NÁZEV VZT POTRUBÍ	INT. PRŮMĚR KRUHOVÉHO POTRUBÍ d_{in} [mm]	VNITŘNÍ ROZMĚRY HRANATÉHO POTRUBÍ		RYCHLOST PROUDĚNÍ VZDUCHU v_{max} [m·s ⁻¹]	TLOUŠŤKA TEPELNÉ IZOLACE d_{ins} [mm]	EXT. PRŮMĚR KRUHOVÉHO POTRUBÍ d_{ex} [mm]
		a_{in} [mm]	b_{in} [mm]			
SPIRO- hala	140	100	160	1,9	0	140

NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY

CELKOVÝ OBJEM VĚTRANÉHO PROSTORU

$$V_s = 354,4 \text{ m}^3$$

POŽADOVANÁ INTENZITA VÝMĚNY VZDUCHU

$$n = 0,6 \text{ h}^{-1}$$

CELKOVÝ OBJEM PŘÍVODNÍHO VZDUCHU

$$V_p = 212,6 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Kompaktní podstropní vzduchotechnická jednotka ATREA DUPLEX Easy 300

MAXIMÁLNÍ ÚČINNOST ZPĚTNÉHO ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA

$$93 \%$$

UVAŽOVANÁ VÝPOČTOVÁ ÚČINNOST ZPĚTNÉHO ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA

$$85 \%$$

MAXIMÁLNÍ MNOŽSTVÍ PŘÍVÁDĚNÉHO VZDUCHU

$$300 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$



ZJEDNODUŠENÁ BILANCE FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ

PARAMETRY SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ	OZNAČENÍ	HODNOTA	JEDNOTKY
Účinnost fotovoltaického panelu	η_o	0,158	-
Špičkový výkon fotovoltaického panelu	p_1	260	W_p
Sběrná plocha fotovoltaického panelu	a_1	1,65	m^2
Počet fotovoltaických panelů	-	20	ks
Celková sběrná plocha fotovoltaických panelů	A	32,91	m^2
Sklon fotovoltaického panelu	β	30	$^\circ$
Azimut fotovoltaického panelu	γ	-8	$^\circ$
Celkový špičkový výkon fotovoltaické soustavy	P	5,2	kW_p
Účinnost distribuce a sdílení solárního systému	η_{ss}	0,70	-
Skutečná denní dávka slunečního ozáření	$H_{T,den}$	dle měsíce	$kWh \cdot m^{-2} \cdot den^{-1}$
Skutečná měsíční dávka slunečního ozáření	$H_{T,měs}$	dle měsíce	$kWh \cdot m^{-2}$
Počet dní v měsíci	n	dle měsíce	-
Účinnost fotovoltaického panelu	η_p	dle měsíce	-
Zisky solární soustavy	$E_{p,u}$	dle měsíce	kWh
Využitelné zisky solární soustavy	$E_{ss,u}$	dle měsíce	kWh
Využitelnost energetických zisků solární fotovoltaické soustavy	η_{fv}	dle měsíce	-
Solární podíl (pokrytí potřeby energie)	f	dle měsíce	%
Přebytek získané energie solární fotovoltaické soustavy	$E_{ss,ex}$	dle měsíce	%

Typ fotovoltaického panelu	polykrystalický křemíkový
Výrobce	SHARP
Model	SHARP ND-RC260
Orientační cena	4 262 Kč bez DPH

MĚSÍC	n	η_p	$H_{T,den}$	$H_{T,měs}$	$E_{p,u}$
	den	-	$kWh \cdot m^{-2} \cdot den^{-1}$	$kWh \cdot m^{-2}$	kWh
1	31	0,16	0,9504	29,46	153,2
2	29	0,16	1,7684	51,28	266,7
3	31	0,16	2,8675	88,89	462,2
4	30	0,16	4,2319	126,96	660,2
5	31	0,16	4,9552	153,61	798,8
6	30	0,16	4,8267	144,80	753,0
7	31	0,16	4,6793	145,06	754,3
8	31	0,16	4,8371	149,95	779,7
9	30	0,16	3,4863	104,59	543,9
10	31	0,16	2,3648	73,31	381,2
11	30	0,16	1,1473	34,42	179,0
12	31	0,16	0,6968	21,60	112,3

SUMA [MWh/rok]

5,84

PŘEHLED POUŽITÝCH VZTAHŮ

$$E_{p,u} = H_{T,měs} \cdot \eta_p \cdot A$$



MĚSÍC	E_{VZT}	$E_{ss,u,VZT}$	f_{VZT}	E_{vyt}	$E_{ss,u,vyt}$	f_{vyt}	$E_{osv.+spotř.}$	$E_{ss,u,osv.+spotř.}$	$f_{osv.+spotř.}$
	kWh	kWh	%	kWh	kWh	%	kWh	kWh	%
1	36,7	36,7	100,0	695,3	70,5	10,1	266,7	0,0	0,0
2	36,7	36,7	100,0	418,8	150,0	35,8	266,7	0,0	0,0
3	36,7	36,7	100,0	153,3	153,3	100,0	266,7	133,6	50,1
4	36,7	36,7	100,0	23,4	23,4	100,0	266,7	266,7	100,0
5	36,7	36,7	100,0	1,9	1,9	100,0	266,7	266,7	100,0
6	36,7	36,7	100,0	0,2	0,2	100,0	266,7	266,7	100,0
7	36,7	36,7	100,0	0,0	0,0	0,0	266,7	266,7	100,0
8	36,7	36,7	100,0	0,0	0,0	0,0	266,7	266,7	100,0
9	36,7	36,7	100,0	2,5	2,5	100,0	266,7	266,7	100,0
10	36,7	36,7	100,0	54,0	54,0	100,0	266,7	176,1	66,0
11	36,7	36,7	100,0	365,8	88,6	24,2	266,7	0,0	0,0
12	36,7	36,7	100,0	635,8	41,9	6,6	266,7	0,0	0,0

[MWh/rok]	0,44	0,44		2,35	0,59		3,20	1,91	
SOL. EN.	100,0 %			24,9 %			59,7 %		

MĚSÍC	$E_{pomocné}$	$E_{ss,u,pomocné}$	$f_{pomocné}$	Q_{TV}	$Q_{ss,u,TV}$	f_{VYT}	$E_{ss,ex}$	η_{iv}
	kWh	kWh	%	kWh	kWh	%	kWh	-
1	0,0	0,0	0,0	267,7	0,0	0,0	0,00	1,00
2	0,0	0,0	0,0	250,4	0,0	0,0	0,00	1,00
3	0,0	0,0	0,0	267,7	0,0	0,0	0,00	1,00
4	0,0	0,0	0,0	233,2	135,3	58,0	0,00	1,00
5	0,0	0,0	0,0	240,9	240,9	100,0	18,42	0,98
6	0,0	0,0	0,0	233,2	223,5	95,8	0,00	1,00
7	0,0	0,0	0,0	214,2	214,2	100,0	14,91	0,98
8	0,0	0,0	0,0	214,2	214,2	100,0	40,35	0,95
9	0,0	0,0	0,0	233,2	74,8	32,1	0,00	1,00
10	0,0	0,0	0,0	240,9	0,0	0,0	0,00	1,00
11	0,0	0,0	0,0	233,2	0,0	0,0	0,00	1,00
12	0,0	0,0	0,0	267,7	0,0	0,0	0,00	1,00

[MWh/rok]	0,00	0,00		2,90	1,10		0,07	
SOL. EN.	0,0 %			38,1 %				



ROZDĚLENÍ INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ NA SOLÁRNÍ SOUSTAVU A TEORETICKÁ DOBA EKONOMICKÉ NÁVRATNOSTI

CENA SOLÁRNÍHO KOLEKTORU	4 262	Kč bez DPH
CELKOVÁ CENA SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ	85 240	Kč bez DPH

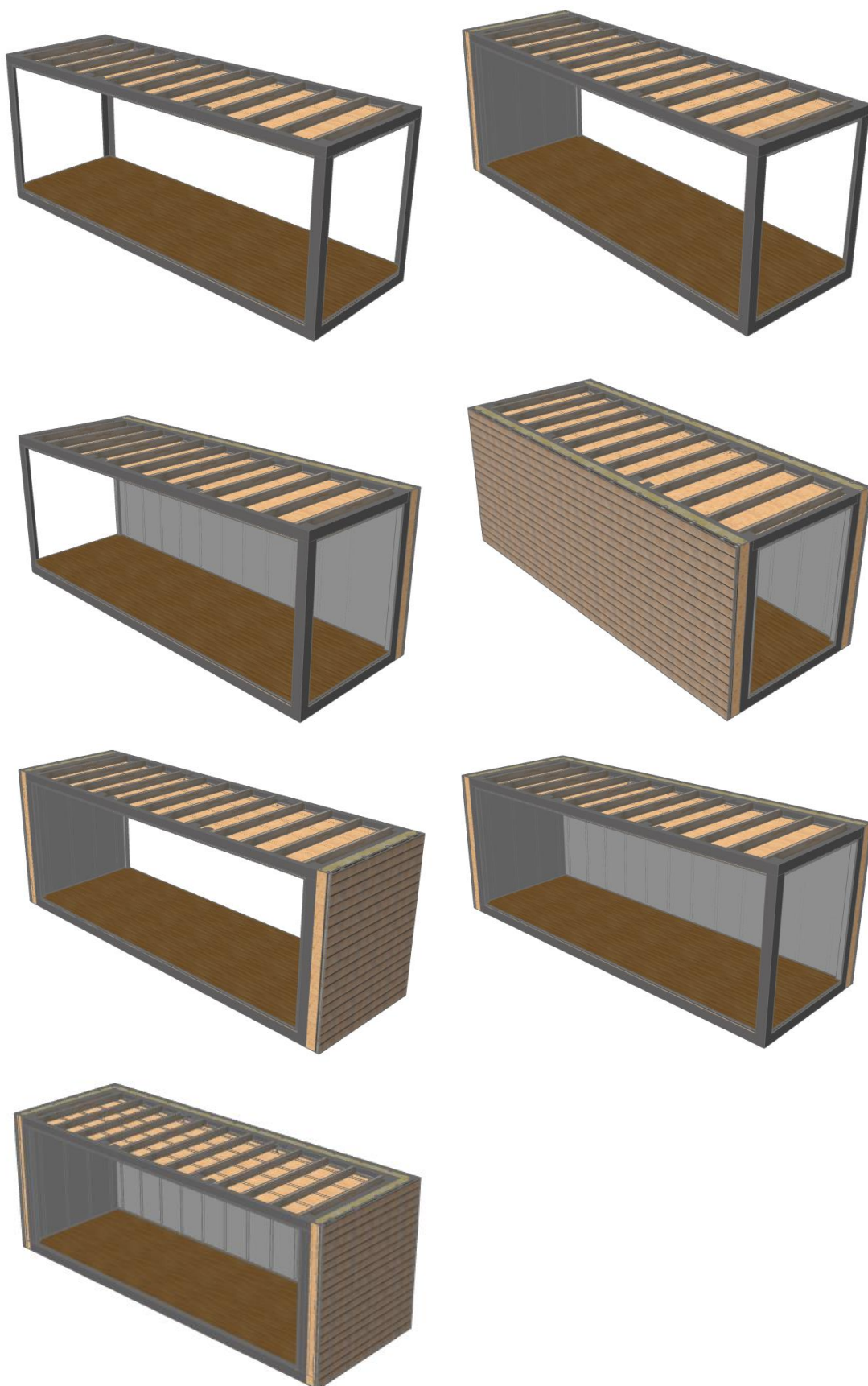
ROZDĚLENÍ INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ NA SOLÁRNÍ SOUSTAVU

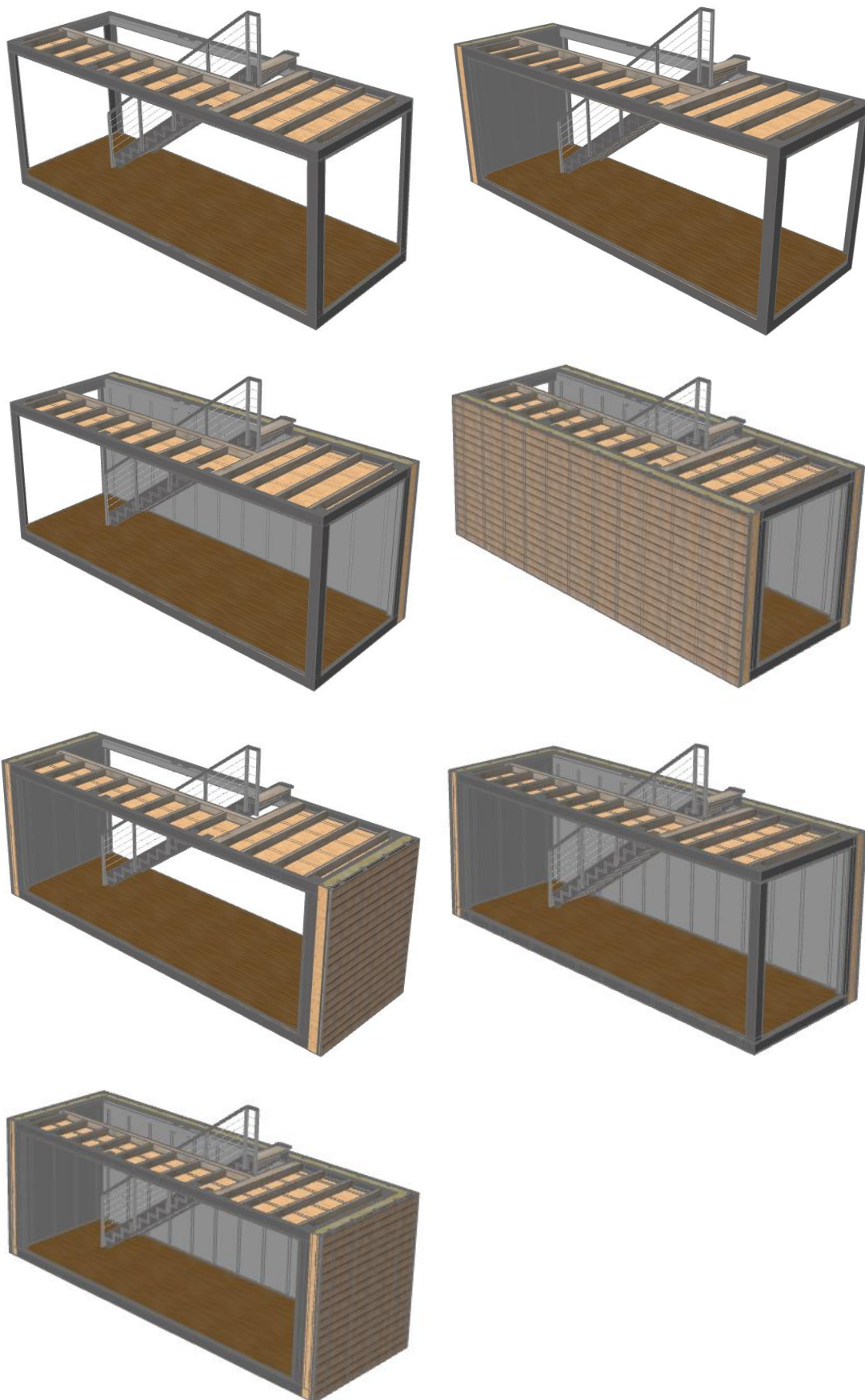
NÁZEV POLOŽKY	PODÍL	CENA Kč bez DPH	DPH	CENA Kč s DPH
FOTOVOLTAICKÉ PANELE	45,0 %	85 240 Kč	21 %	103 140
OSTATNÍ MATERIÁL	45,0 %	85 240 Kč	21 %	103 140
MONTÁŽ	10,0 %	18 942 Kč	21 %	22 920

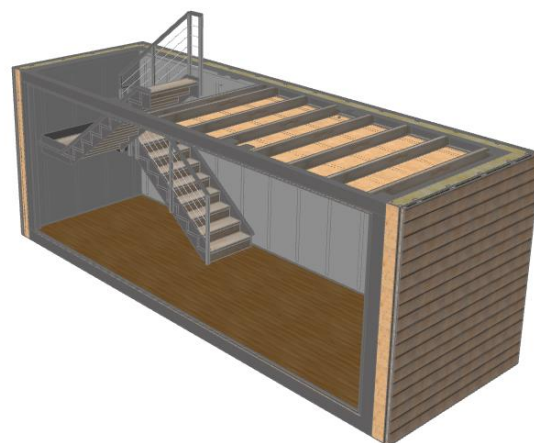
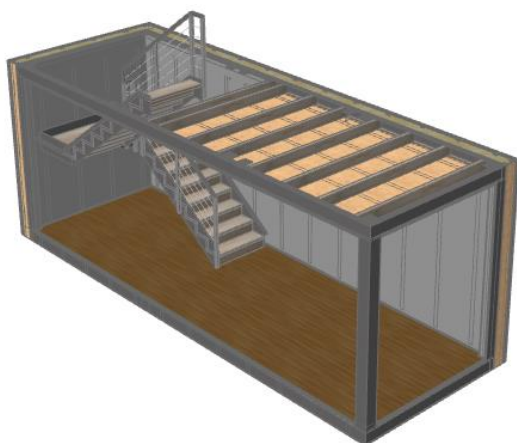
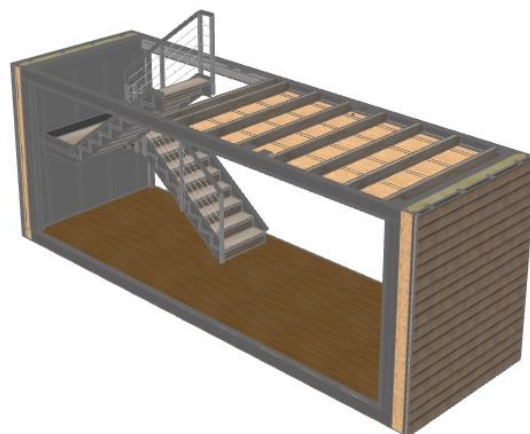
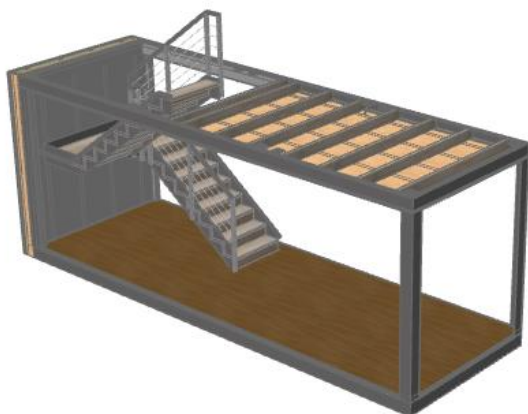
CELKOVÁ VÝŠE INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ NA VYBUDOVÁNÍ SOUSTAVY S FV PANELE	229 201	Kč s DPH
CENA 1 KWh ELEKTRICÉ ENERGIE - Sazba D 57d (včetně DPH)	2,40	Kč/kWh
POTENCIÁLNÍ CENA ENERGIE ZÍSKANÉ FOTOVOLTAICKÝMI PANELE ZA 1 ROK	9 819	Kč/rok
TEORETICKÁ DOBA EKONOMICKÉ NÁVRATNOSTI POČÁTEČNÍ INVESTICE	23	let
PŘEDPOKLÁDANÁ ŽIVOTNOST FOTOVOLTAICKÝCH PANELE	25	let
SNÍŽENÍ CELKOVÝCH NÁKLADŮ NA ENERGIE BĚHEM PŘEDPOKLÁDANÉ ŽIVOTNOSTI SYSTÉMU (bez započtení provozních nákladů na údržbu)	16 266	Kč
SNÍŽENÍ ROČNÍCH NÁKLADŮ NA ENERGIE BĚHEM PŘEDPOKLÁDANÉ ŽIVOTNOSTI SYSTÉMU	651	Kč/rok
CELKOVÉ NÁKLADY BĚHEM PŘEDPOKLÁDANÉ DOBY ŽIVOTNOSTI SYSTÉMU PŘEPOČTENY NA ROK	9 168	Kč/rok
PROCENTUÁLNÍ SNÍŽENÍ NÁKLADŮ BĚHEM PŘEDPOKLÁDANÉ ŽIVOTNOSTI SYSTÉMU	7	%
CENA 1 KWh ENERGIE SOLÁRNÍHO SYSTÉMU (bez započtení provozních nákladů na údržbu)	2,24	Kč/kWh

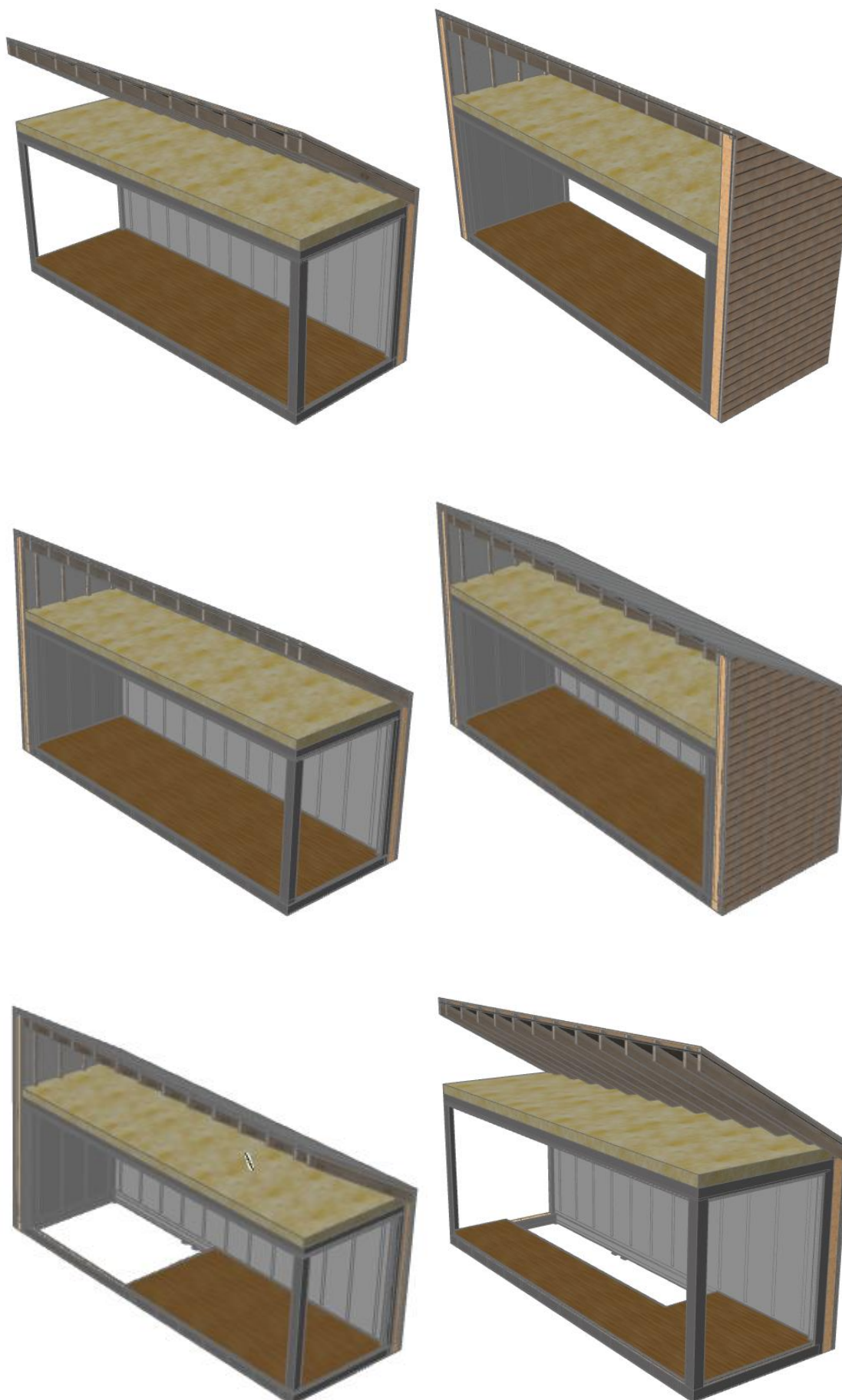


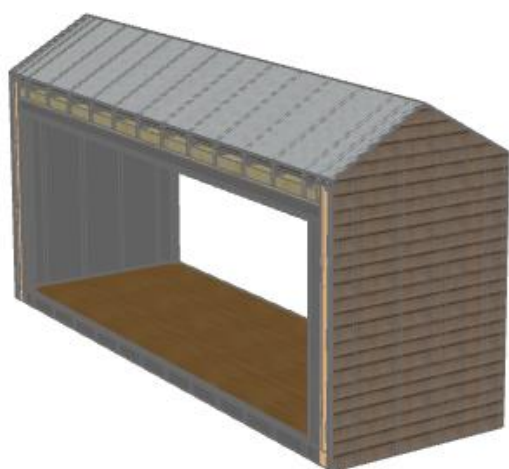
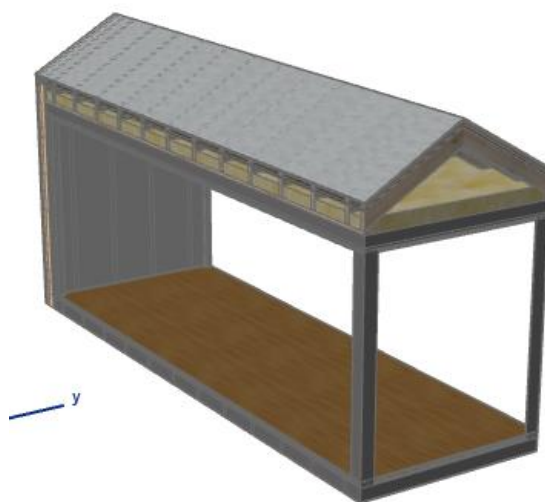
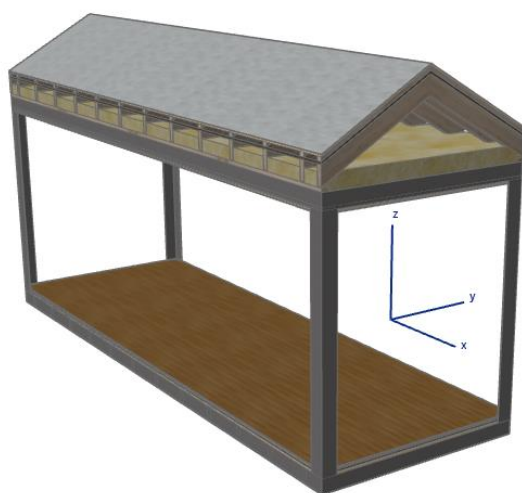
PŘÍLOHA 9 – Varianty modulů pro architektonický návrh objektu

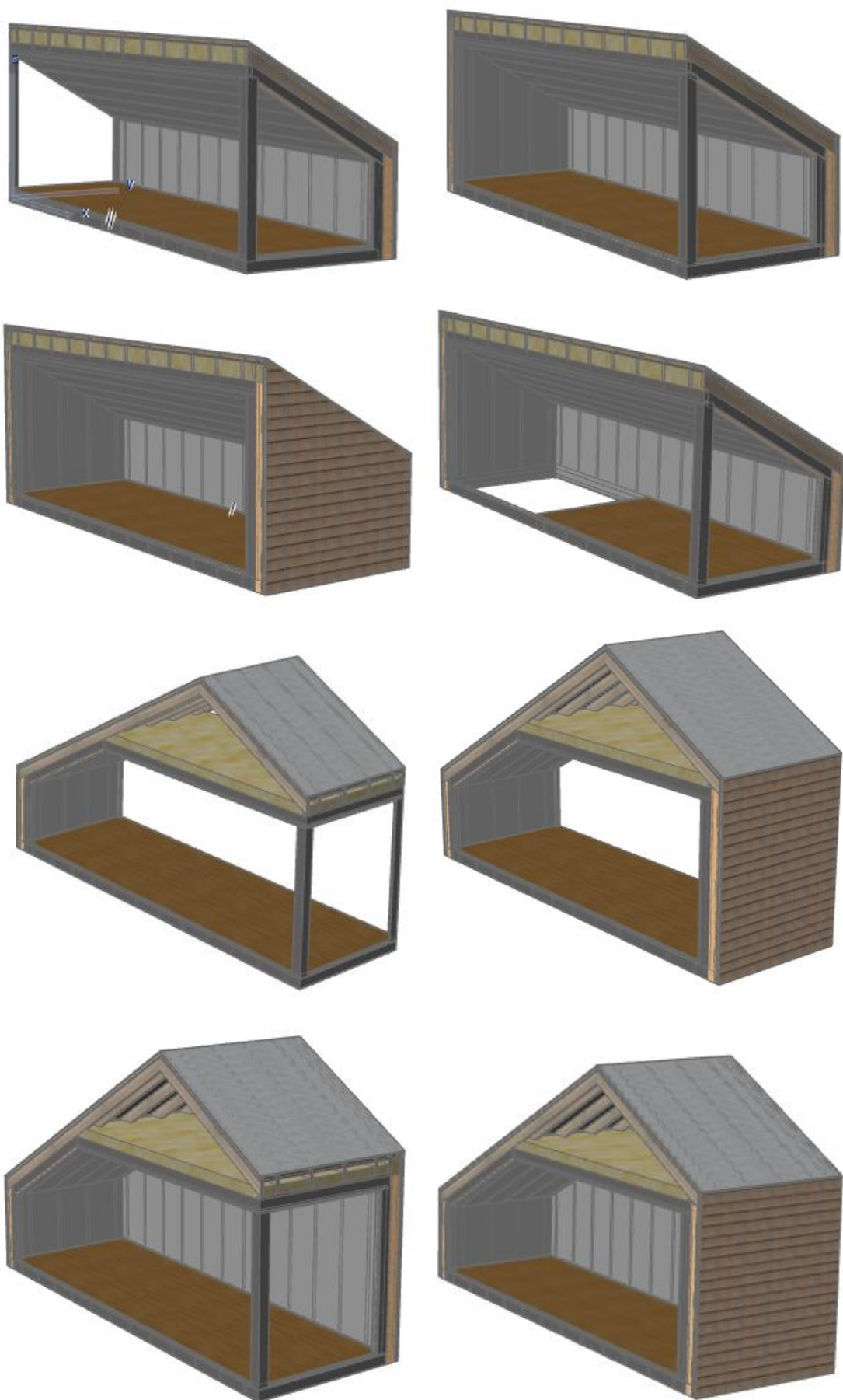


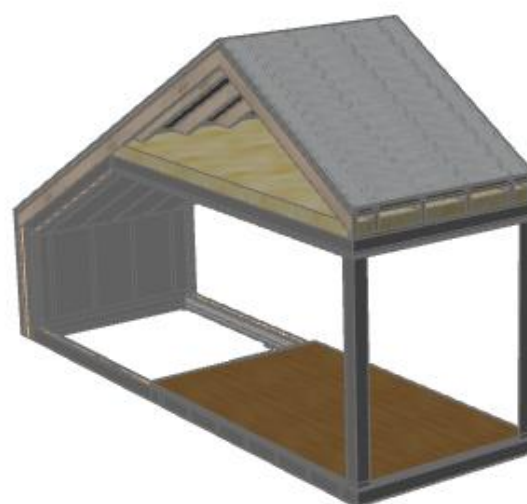
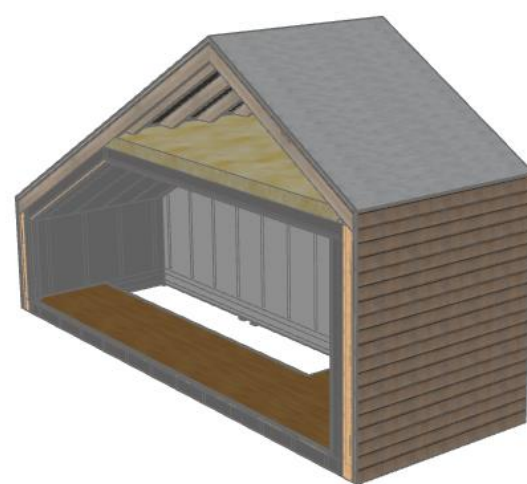


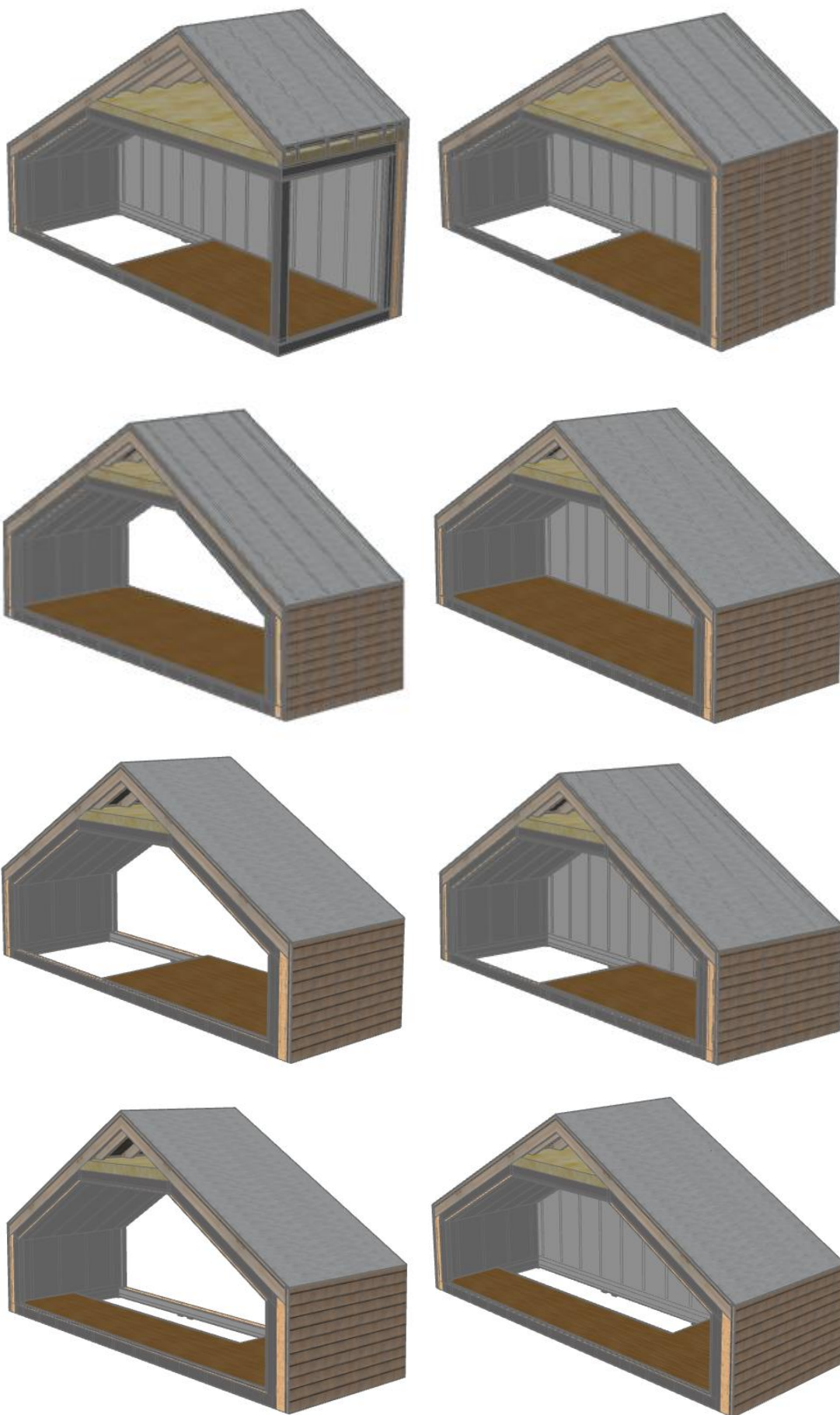














PŘÍLOHA 10 – Výkresová dokumentace rodinného domu